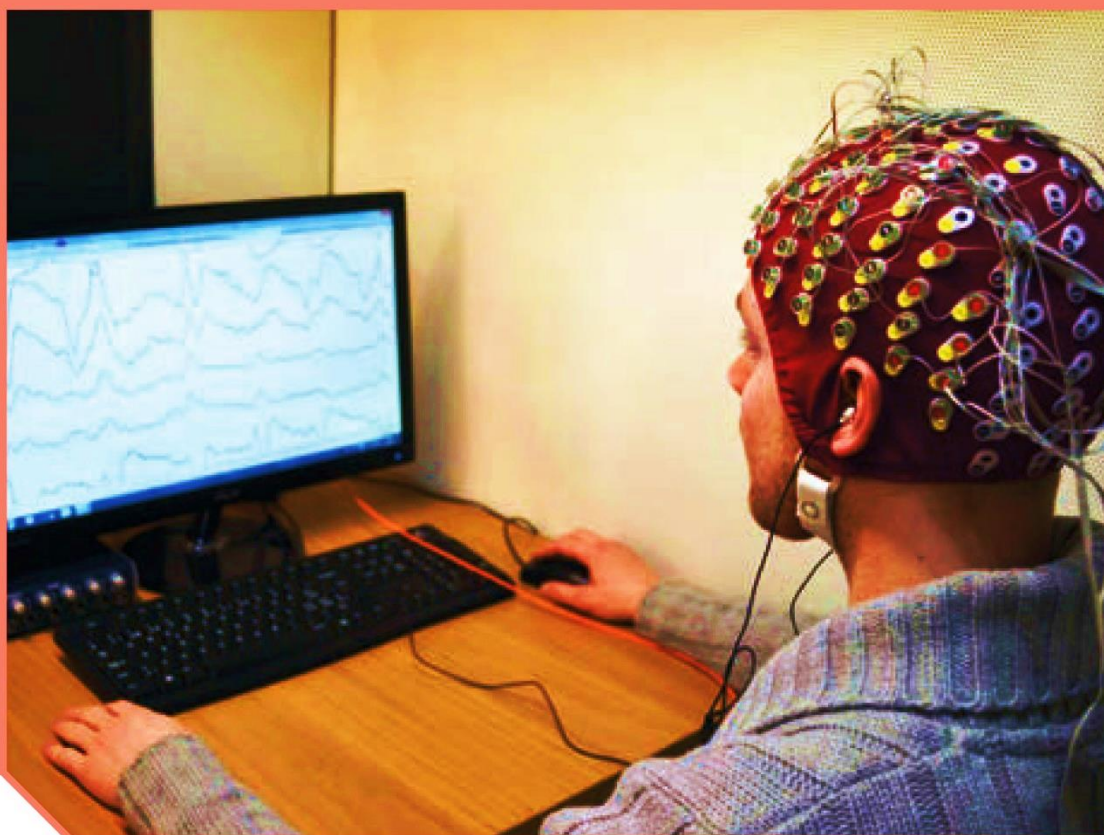




فصل ۱

تنظیم عصبی

نکاتی در مورد نوار مغز

۱) ثبت و مطالعه فعالیت الکتریکی مغز با دستگاه الکتروانسفالوگراف انجام می‌شود.

+ الکترودهای دستگاه را به پوست سر متصل می‌کنند.

+ جریان الکتریکی مغز به شکل منفی‌های نوار مغز یا الکتروانسفالوگرام روی نوار کاغذی، یا صفحه نمایش دستگاه نشان داده می‌شود.

+ از این منفی‌ها برای بررسی فعالیت‌های مغز و تشخیص بیماری‌های آن استفاده می‌شود.

۲) نوار قلب یا الکتروکاردیوگرام از بخش‌های مختلف پوست بدن ولی نوار مغز یا الکتروانسفالوگرام فقط از پوست سر قابل دریافت است.

+ بنابراین می‌توان گفت مغز در مقایسه با قلب، از نظر شدت فعالیت الکتریکی، ضعیف‌تر است.

x به عبارت دیگر پیام‌های الکتریکی تولید شده در مغز به مراتب ضعیف‌تر از پیام‌های الکتریکی قلب هستند.

۳) جریان الکتریکی قلب و مغز به ترتیب به وسیله سلول‌های ماهیچه‌ای (بافت هادی) و نورون‌ها یا سلول‌های عصبی تولید می‌شود.

متخصصان برای بررسی فعالیت‌های مغز (فقط!) از نوار مغزی استفاده می‌کنند. نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت شده یاخته‌های عصبی (نورون‌های)

مغز است که به صورت منفی‌هایی نمایش داده می‌شود.

چگونه در یاخته‌های عصبی، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود؟ تغییر پتانسیل الکتریکی

جریان الکتریکی در فعالیت این یاخته‌ها چه نقشی دارد؟ ایاد پتانسیل آرامش و عمل

برای پاسخ به این پرسش‌ها باید با ساختار یاخته‌های عصبی و دستگاه عصبی بیشتر آشنا شویم.

یاخته‌های بافت عصبی

گفتار ۱

اجزای تشکیل دهنده بافت عصبی

همان‌طور که از پایه دهم می‌دانید بافت عصبی از (۱) **یاخته‌های عصبی** (نورون‌ها) و (۲) **یاخته‌های**

پشتیبان (نوروگلیاها) تشکیل شده است.

بالب اینهاست که در بافت عصبی، تعداد نوروگلیاها بسیار **بیشتر** از نورون‌ها است.

شکل ۱، **یک** یاخته عصبی و **پند** سلول نوروگلیا را نشان می‌دهد.

این یاخته عصبی از **چه بخش‌هایی** تشکیل شده است؟

از **سه** بخش تشکیل شده است: **دندریت**، **آکسون** و **جسم سلولی**

شکل ۱- یاخته عصبی

در این شکل **یک** نورون و **هفت** عدد سلول پشتیبان مشاهده می‌شود.

سلول‌های پشتیبان در تشکیل **غلاف میلین** نقش دارند.

یاخته‌های عصبی **سه** نوع **عملکرد** دارند: تولید پیام عصبی، هدایت پیام عصبی و انتقال پیام عصبی

(۱) این یاخته‌ها **تحریک‌پذیر**ند و پیام عصبی **تولید** می‌کنند.

(۲) آنها این پیام را در طول **نود** به دو صورت **قطعه به قطعه** و یا **جهشی هدایت** می‌کنند (به **طریقه الکتریکی**).

(۳) هم‌پنین آنها این پیام را در پایانه‌های آکسونی **نود** به یاخته‌های دیگر **منتقل** می‌کنند (به **طریقه شیمیایی**).

اجزای نورون عبارتند از: **دندریت**، **آکسون** و **جسم سلولی**

(۱) **دارینه** (**دندریت**) رشته‌ای است که پیام‌ها را **دریافت** و به **جسم یاخته‌ای** عصبی **وارد** می‌کند.

+ **دندریت‌ها** در اغلب موارد به **تعداد زیاد** در اطراف **جسم سلولی** نورون وجود دارند.

(۲) **آسه** (**آکسون**) رشته‌ای است که پیام عصبی را از **جسم یاخته عصبی** تا انتهای خود که **پایانه آسه** نام دارد، **هدایت** می‌کند.

+ پیام عصبی از محل پایانه آسه یک یاخته عصبی به یاخته دیگر **منتقل** می‌شود (سیناپس).

+ بر اساس کتاب درسی، آکسون **همواره یک عدد** است اما انتهای آن دارای زوایدی به نام پایانه‌های آکسونی است.

(۳) **جسم یاخته‌ای** محل قرار گرفتن **هسته** اندامک‌ها و قسمت بیشتر سیتوپلاسم و محل انجام **سوخت‌وساز** یاخته‌های عصبی است.

+ **جسم سلولی** همانند **دندریت‌ها** می‌تواند پیام **نیز** دریافت کند. به عبارت دیگر **جسم سلولی** هم می‌تواند سیناپس تشکیل دهد!

+ **نکته مهم:** بر اساس متن و شکل‌های کتاب، **دندریت** و **جسم سلولی** می‌توانند پیام عصبی را دریافت کنند! اما آکسون قادر به انجام این کار **نیست!**

پگونگی تشکیل غلاف میلین

یاخته عصبی که در شکل ۱ می‌بینید، پوششی (یعنی **یک پوشش**) به نام غلاف میلین دارد.

غلاف میلین، رشته‌های **آسه** و **دارینه بلند** 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 ادامه درس، آشنا خواهید شد.

غلاف میلین را یاخته‌های **پشتیبان بافت عصبی** یا همان **سلول‌های نوروگلیا** می‌سازند.

شکل ۲ را ببینید، یاخته پشتیبان به **دور** رشته عصبی می‌پیچد و غلاف میلین را به وجود می‌آورد.

+ غلاف میلین از همکاری **یک** یا **پند** سلول نوروگلیا که هر کدام **بخشی** از یک رشته عصبی یعنی آکسون‌ها یا دندریت‌های بلند را می‌پوشاند، به وجود می‌آید.

x اگر غلاف میلین از یک سلول نوروگلیا تشکیل شده باشد، **قطعا** فاقد **گره رانویه** است!

x **نکته بال:** بر اساس شکل واقعی کتاب، ضخامت غلاف میلین از ضخامت آکسون **کمتر** است.

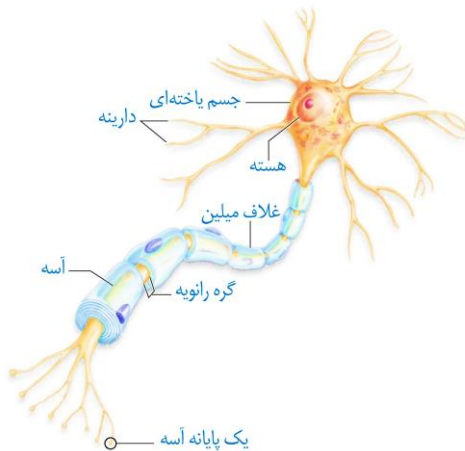
تعداد یاخته‌های پشتیبان **چند برابر** یاخته‌های عصبی است و انواع **گوناگونی** دارند.

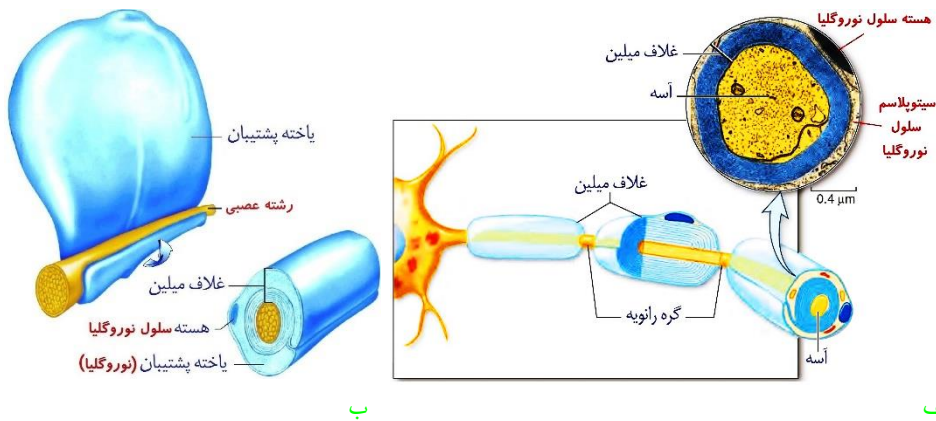
+ این یاخته‌ها **نقش‌های متعددی** دارند، از جمله:

x **داربست‌هایی** را برای **استقرار** یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند.

x **برخی** از آنها با عمل **یگانه‌نوازی**، در **دفاع غیر اختصاصی** از یاخته‌های عصبی نقش دارند.

x **سلول‌های نوروگلیا** هم‌پنین در حفظ **هم‌ایستایی** مایع اطراف نورون‌ها (مثل حفظ مقدار **طبیعی** یون‌ها) نیز نقش دارند.





شکل ۲- الف) غلاف میلین ب) چگونگی ساخت آن
بر اساس شکل واقعی کتاب، ضخامت غلاف میلین
از آکسون کمتر است.

نکاتی در مورد چگونگی ساخته شدن غلاف میلین

- ۱) سلول‌های نوروگلیا با پیچیده شدن به دور رشته‌های عصبی غلاف میلین را می‌سازند.
- ۲) بر اساس کتاب، غلاف میلین همان سلول نوروگلیا یا پشتیبان است که به دور رشته عصبی پیچیده شده است! + بنابراین در غلاف میلین غشاء، سیتوپلاسم (و اندامک‌ها) و نیز هسته وجود دارد.
- ۳) در هر دور که این سلول به دور رشته عصبی می‌پیچد، تعدادی غشاء سلولی و به تعداد بیشتری از لایه‌های فسفولیپید خواهیم داشت. + مثلاً در شکل روبه‌رو در نهایت سلول پشتیبان بیش از سه دور در اطراف یک آکسون پیچیده شده است. x در محلی که هسته سلول پشتیبان قرار دارد، هشت لایه غشاء و ۱۶ لایه فسفولیپید به وجود آورده است.

۴) رشته‌های عصبی در بعضی از نقاط اطراف خود برهنه بوده و در این محل‌ها گره‌های رانویه به وجود می‌آیند.

+ تعداد گره‌های رانویه یکی کمتر از تعداد سلول‌های پشتیبان است که غلاف میلین را تشکیل می‌دهند!

x به عنوان مثال در شکل روبه‌رو به تعداد شش سلول پشتیبان و پنج گره رانویه وجود دارد.

۵) غلاف میلین و گره‌های رانویه باعث ایجاد هدایت جهشی پیام عصبی می‌شوند.

+ در شکل روبه‌رو پیام عصبی شش بار جهش انجام می‌دهد.

نکاتی در مورد عملکردها یا ویژگی‌های نورون‌ها

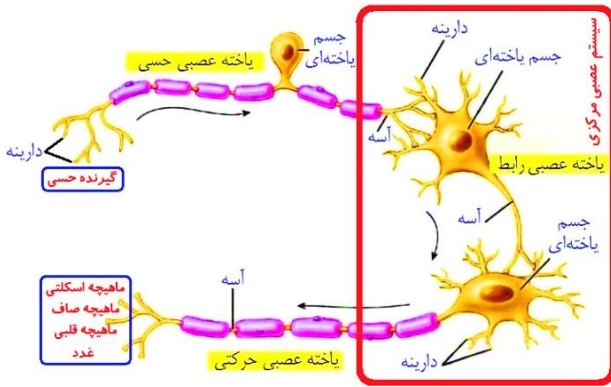
- ۱) تحریک‌پذیری: نورون‌ها تحریک‌پذیر بوده و پس از تحریک، پیام عصبی تولید می‌کنند. + محرک‌ها می‌توانند مکانیکی، شیمیایی، نوری و دمایی باشند.
- ۲) پیام عصبی تولید شده در حقیقت نتیجه همان تغییر پتانسیل الکتریکی غشای سلول‌های عصبی است.
- ۳) سلول‌های پس‌سیناپسی می‌توانند سلول عصبی، ماهیچه‌ای یا پوششی (غده‌ای) باشند.
- ۴) بر اساس کتاب، در محل سیناپس، هم دندریت و هم جسم سلولی می‌توانند پیام عصبی را دریافت کنند! + بر این اساس انواع سیناپس‌های نورون به نورون عبارتند از:
x سیناپس پایانه آکسون به دندریت
x سیناپس پایانه آکسون به جسم سلولی

انواع یاخته‌های عصبی

شکل ۳، انواع یاخته‌های عصبی را نشان می‌دهد.

- ۱) یاخته‌های عصبی حسی پیام‌ها را از اندام‌ها به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) می‌آورند.
 - ۲) یاخته‌های عصبی حرکتی پیام‌ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی اندام‌ها (مانند ماهیچه‌های اسکلتی، قلبی و صاف، و نیز غدد درون‌ریز و برون‌ریز ترشح‌کننده هورمون و آنزیم) می‌برند.
 - ۳) نوع سوم یاخته‌های عصبی شکل ۳، یاخته‌های عصبی رابط اند که فقط در مغز و نخاع قرار دارند. این یاخته‌ها ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کنند.
- نکته مهم: هر سه نوع یاخته عصبی می‌توانند میلین‌دار یا بدون میلین باشند.

شکل ۳- انواع یاخته‌های عصبی



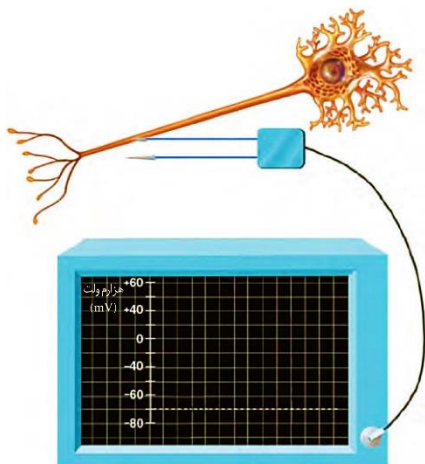
- (۱) **نورون‌های حسی** پیام‌ها را به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی یعنی **مغز و نخاع** می‌آورند.
+ انتهای آکسون آنها در **مغز و نخاع** قرار دارد. **بقیه** قسمت‌ها در بیرون هستند.
- (۲) **نورون‌های حرکتی** پیام‌ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی **اندام‌های مختلف** می‌برند.
+ اندام‌های دریافت کننده پیام عصبی **ماهیچه‌ها و غدد** هستند:
x ماهیچه‌ها شامل ماهیچه‌های اسکلتی، قلبی و صاف
x غدد نیز شامل غدد **دریون‌ریز** و **پروت‌ریز** ترشح کننده **آنزیم** و **هورمون**
+ **دندریت‌ها**، **جسم سلولی** و **ابتدای آکسون** آنها در **مغز و نخاع** قرار دارد.
- (۳) **نورون‌های رابط** که به **طور کامل** در **مغز و نخاع** قرار دارند، **بنابراین کوتاه** بوده و **ارتباط لازم** بین نورون‌های دیگر را فراهم می‌کنند.

ساختار و کار سه نوع یاخته عصبی را که در شکل ۳ می‌بینید، **مقایسه** کنید.

فعالیت ۱

مقایسه		سلول عصبی حسی	سلول عصبی رابط	سلول عصبی حرکتی
ساختار	دندریت	معمولاً بلند، به تعداد کم	معمولاً کوتاه، به تعداد زیاد	همواره کوتاه، به تعداد زیاد
	آکسون	معمولاً کوتاه، همواره یک عدد	معمولاً بلند، همواره یک عدد	همواره بلند، همواره یک عدد
	جسم سلولی	معمولاً کم انشعاب	معمولاً پر انشعاب	معمولاً پر انشعاب
کار	ارتباط	بین گیرنده و نورون رابط	بین نورون حسی و حرکتی	بین نورون رابط و اندام
	دریافت اطلاعات	از گیرنده‌های حسی	از نورون حسی	از نورون رابط
	انتقال اطلاعات	به مرکز عصبی (نورون رابط)	به نورون حرکتی	به اندام‌هایی مانند ماهیچه و غده

پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟



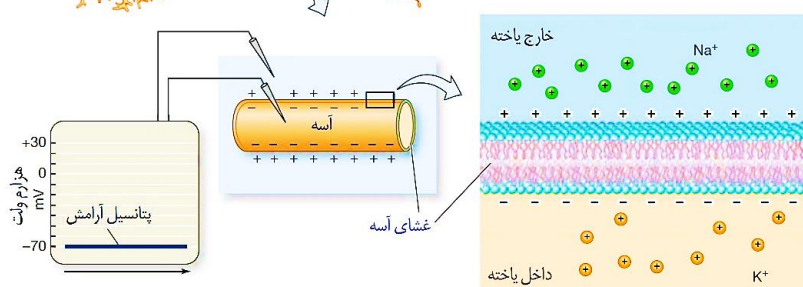
پیام عصبی در اثر **تغییر** مقدار یون‌ها در **دو** سوی غشای یاخته عصبی به وجود می‌آید. از آنجا که **مقدار** یون‌ها در دو سوی غشاء یکسان **نیستند**، بار الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی، **متفاوت** است و در نتیجه بین دو سوی آن، **اختلاف پتانسیل الکتریکی** وجود دارد.
برای اندازه‌گیری این **اختلاف پتانسیل** از دستگاه **میلی‌ولت‌سنج** استفاده می‌شود. شکل ۴، اندازه‌گیری این اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد.

شکل ۴- اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی

از آنجا که تفاوت پتانسیل الکتریکی دو سوی غشای نورون بسیار **کم** است، بنابراین **اختلاف پتانسیل الکتریکی** قبل از ورود به دستگاه به وسیله یک **تقویت کننده**، تشدید شده تا دستگاه **میلی‌ولت‌سنج** بتواند آن را ثبت نماید.

پتانسیل آرامش: وقتی یاخته عصبی فعالیت عصبی **ندارد** (حالت آرامش)، در دو سوی غشای آن اختلاف پتانسیلی در **حدود ۷۰- میلی‌ولت** برقرار است (شکل ۵). این اختلاف پتانسیل را **پتانسیل آرامش** می‌نامند. **چگونه** این اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود؟ به دلیل **عمل دو** نوع پروتئین غشایی یعنی **کانال‌های نشستی** که با **انتشار تسهیل شده** تعداد بیشتری یون پتاسیم از نورون خارج و تعداد کمتری سدیم وارد آن می‌کنند، و **پمپ سدیم - پتاسیم** که با **انتقال فعال** تعداد بیشتری سدیم از نورون خارج و تعداد کمتری پتاسیم وارد آن می‌کند. برای پاسخ به این پرسش، درباره یاخته‌های عصبی باید بیشتر بدانیم.

در حالت **آرامش**، مقدار یون‌های **سدیم** در **بیرون** یاخته عصبی زنده از داخل آن **بیشتر** است و در مقابل، مقدار یون‌های **پتاسیم** **درون** یاخته، از بیرون آن **بیشتر** است. در غشای یاخته‌های عصبی، مولکول‌های **پروتئینی** مانند کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم وجود دارند که به عبور یون‌های سدیم و پتاسیم از غشا کمک می‌کنند.



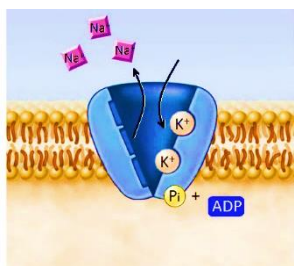
شکل ۵- پتانسیل آرامش. در شکل، یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون نشان داده نشده‌اند.

در واقع در حالت آرامش، درون سلول تعداد کمتری یون **سدیم** و هم‌چنین در بیرون سلول نیز تعداد کمتری یون **پتاسیم** وجود دارد.

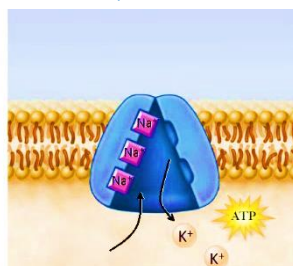
یکی از این پروتئین‌ها، **کانال‌های نشتی** هستند که یون‌ها می‌توانند به روش **انتشار تسهیل شده** از آنها عبور کنند (شکل ع. الف). از راه این کانال‌ها، یون‌های پتاسیم، به تعداد زیاد خارج و یون‌های سدیم به تعداد کم به درون یاخته عصبی وارد می‌شوند. تعداد یون‌های پتاسیم خروجی بیشتر از یون‌های سدیم ورودی است؛ زیرا غشا به این یون یعنی یون پتاسیم، نفوذپذیری بیشتری دارد.

پمپ سدیم - پتاسیم

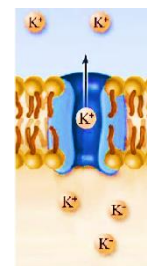
پمپ سدیم - پتاسیم، پروتئین غشایی دیگری است که در هر بار فعالیت، سه یون سدیم از یاخته عصبی و هم‌پنین بقیه سلول‌هایی که دارای این پروتئین هستند خارج و دو یون پتاسیم نیز وارد آن می‌شوند. این پمپ از انرژی مولکول **ATP** استفاده می‌کند (شکل ع. ب).
با توجه به شکل کتاب می‌توان گفت: بعد از اتصال **ATP** دهانه پمپ رو به سیتوپلاسم باز و یون‌های پتاسیم به درون سلول آزاد شده و یون‌های سدیم به آن متصل شوند. بعد از تجزیه **ATP** دهانه پمپ رو به بیرون باز و یون‌های سدیم رها شده و یون‌های پتاسیم به آن متصل می‌شوند.



(ب) ۲



(ب) ۱



(الف) ۳

شکل ع. الف) کانال نشتی که عبور یون‌های پتاسیم از آن نشان داده شده است. ب) چگونگی کار پمپ سدیم - پتاسیم

فعالیت ۲

در گروه خود درباره پرسش‌های زیر گفت‌وگو و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

۱- کار پمپ سدیم - پتاسیم و کانال‌های نشتی را با هم مقایسه کنید.

پروتئین غشایی	مصرف ATP	خروج یون‌ها از سلول	ورود یون‌ها به سلول
پمپ سدیم - پتاسیم	دارد	سه یون سدیم در هر بار	دو یون پتاسیم در هر بار
کانال‌های نشتی	ندارد	تعداد زیادی یون پتاسیم	تعداد کمی یون سدیم

۲- چرا در حالت آرامش، بار مثبت درون یاخته‌های عصبی از بیرون آنها کمتر است؟ به دلیل نفوذپذیری بیشتر غشای سلولی نسبت به یون‌های پتاسیم، این یون‌ها به مقدار زیاد از طریق کانال‌های نشتی بیرون رفته و بنابراین بار مثبت درون نورون‌ها نسبت به بیرون آنها کمتر می‌شود.

پتانسیل عمل: دانستید که در حالت آرامش، بار مثبت درون یاخته عصبی از بیرون آن کمتر است.

وقتی یاخته عصبی تحریک می‌شود، در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آن به طور ناگهانی تغییر می‌کند؛ 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 یاخته عصبی چه اتفاقی می‌افتد؟ ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و سپس کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

در غشای یاخته‌های عصبی، پروتئین‌هایی به نام **کانال‌های دریچه‌دار** وجود دارند که با تحریک یاخته عصبی باز می‌شوند و یون‌ها از آنها عبور می‌کنند. وقتی غشای یاخته تحریک می‌شود، پتانسیل عمل ایجاد می‌شود. در پتانسیل عمل دو اتفاق به صورت پشت سر هم رخ می‌دهد:

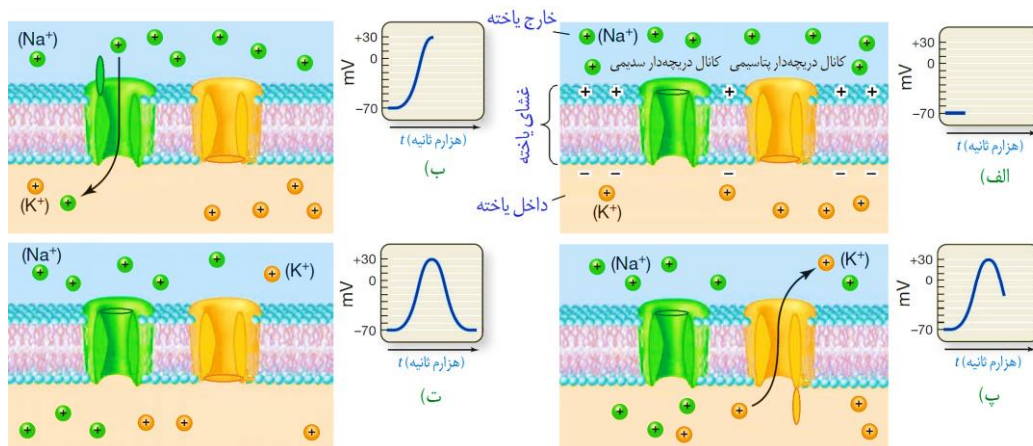
+ [توافق اول] ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و یون‌های سدیم فراوانی وارد یاخته و بار الکتریکی درون آن، مثبت‌تر می‌شود. پس از زمان کوتاهی این کانال‌ها بسته می‌شوند.

+ [توافق دوم] سپس 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 پتانسیل آرامش (-۷۰) بر می‌گردد.

نکته پای: در پایان پتانسیل عمل (شکل ۷ - ت) با این‌که دوباره اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به -۷۰ میلی‌ولت رسیده است اما نوع و تعداد یون‌هایی که این پتانسیل را به وجود آورده‌اند با حالت آرامش (شکل ۷ - الف) که در آن هم -۷۰ میلی‌ولت بود، متفاوت است!

فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم موجب می‌شود غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش واقعی باز گردد.

نکته مهم: در واقع سلول در حالت آرامش، اختلاف پتانسیل درون و بیرون نورون -۷۰ میلی‌ولت است. در مرحله اول پتانسیل عمل این اختلاف به +۱۳۰ میلی‌ولت می‌رسد، در مرحله دوم دوباره اختلاف پتانسیل به -۷۰ میلی‌ولت می‌رسد. بدیهی است این اختلاف پتانسیل (اگرچه با اختلاف پتانسیل آرامش برابر است ولی حاصل فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم و کانال‌های نشتی نیست. در ادامه پتانسیل آرامش، فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم باعث ایجاد پتانسیل آرامش واقعی می‌شود.



شکل ۷- چگونگی ایجاد پتانسیل عمل؛ در شکل الف، یون‌های پتاسیم بیرون و یون‌های سدیم درون یاخته، نشان داده نشده‌اند.

(۱) در همه موارد فوق پمپ سدیم - پتاسیم و کانال‌های نشستی در حال فعالیت هستند.

(۲) در بخش بالارونده نمودار کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته هستند.

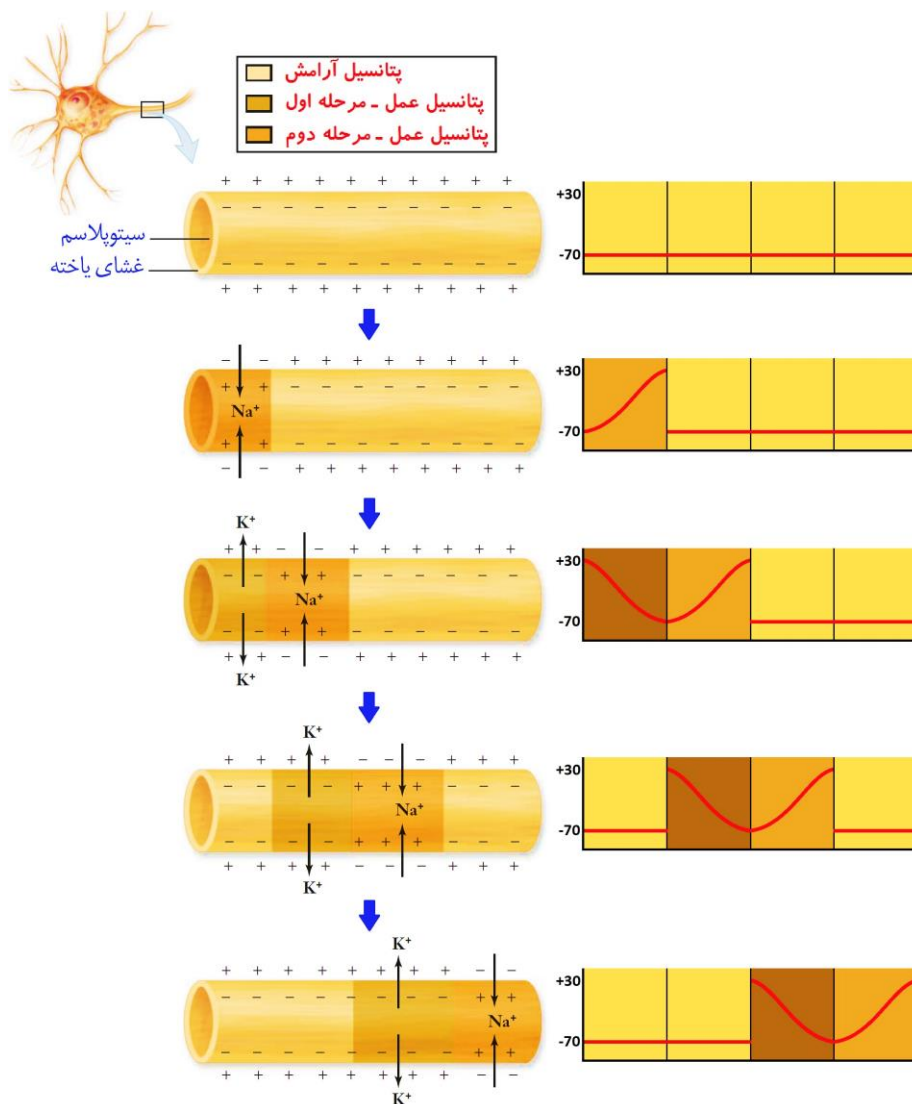
(۳) در قله نمودار پتانسیل عمل هر دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی برای یک لحظه کوتاه بسته هستند.

(۴) در بخش پایین‌رونده نمودار کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند.

تعریف پیام عصبی

وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی برسد. این جریان را **پیام عصبی** می‌نامند (شکل ۸). منظور از رشته عصبی **آسه** یا **دارینه بلند** است.

تعریف رشته عصبی: دندریت‌های بلند و آکسون‌ها (که همواره بلند هستند) را رشته عصبی می‌گویند. بنابراین می‌توان گفت رشته عصبی، یکی از زائده‌های بلند نورون است که معمولاً به وسیله غلاف میلین پوشیده شده است.



شکل ۸- هدایت نقطه به نقطه پیام عصبی

وضعیت کانال‌های غشای یاخته عصبی را در ۴ مرحله شکل ۷ مقایسه کنید.

فعالیت ۳

نوع کانال	الف	ب	پ	ت
کانال‌های نشستی	باز	باز	باز	باز
کانال‌های دریچه‌دار	هر دو بسته	سدیمی باز	پتاسیمی باز	هر دو بسته

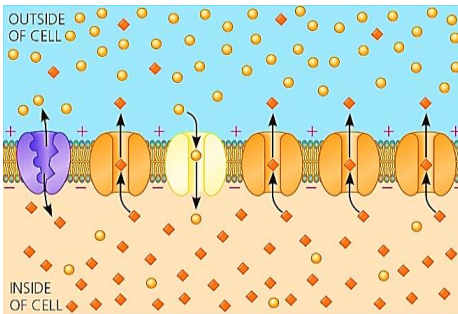
نکاتی در مورد پتانسیل آرامش: بیرون مثبت و درون منفی است.

(۱) مقدار پتانسیل آرامش: در حالت (استراحت، در دو سوی غشای یک نورون، اختلاف پتانسیلی در حدود -70 میلی‌ولت برقرار است.

+ مقدار یون‌های سدیم در بیرون نورون از درون آن بیشتر است و در مقابل، مقدار یون‌های پتاسیم در درون نورون، از بیرون آن بیشتر است.

+ در واقع درون سلول نسبت به بیرون تعداد کمتری یون سدیم و بیرون سلول نسبت به درون تعداد کمتری یون پتاسیم وجود دارد.

(۲) ایجاد پتانسیل آرامش: این پتانسیل به دلیل وجود دو نوع پروتئین غشایی در غشای نورون‌ها یعنی کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم ایجاد می‌شود.



+ کانال‌های نشستی: به دنبال فعالیت این کانال‌ها بیرون سلول مثبت‌تر می‌شود.

x یون‌ها می‌توانند به روش انتشار تسهیل شده از این کانال‌ها عبور کنند.

x جهت حرکت هر کدام از یون‌های سدیم و پتاسیم دو طرفه است!

x از راه این کانال‌ها، یون‌های پتاسیم خارج و یون‌های سدیم وارد سلول عصبی می‌شوند.

x از آنجا که غشای نورون نسبت به پتاسیم نفوذپذیری بیشتری دارد، بنابراین تعداد یون‌های

پتاسیم فروبی بیشتر از یون‌های سدیم ورودی است.

x این عمل باعث می‌شود تا بیرون نورون نسبت به درون آن مثبت‌تر شود! بنابراین، بیرون

نورون مثبت و درون آن منفی می‌شود

x بدیهی است در این حالت هم بیرون نورون و هم درون آن یون‌های مثبت سدیم و

پتاسیم وجود دارند.

- اما به دلیل اینکه در بیرون بارهای مثبت بیشتری وجود دارد، درون آن را منفی در نظر می‌گیرند!

x لازم به ذکر است، کانال‌های نشستی در تمام مدت پتانسیل آرامش و عمل در حال فعالیت هستند.

x نکته پالشی: آیا کانال‌های نشستی اختصاصی عمل می‌کنند یا هر دو نوع یون سدیم و پتاسیم را عبور می‌دهند؟

- در کتب مرجع فیزیولوژی پزشکی این کانال‌ها را غیر اختصاصی در نظر گرفته که می‌توانند تعداد زیادی یون پتاسیم خارج و تعداد خیلی کمی یون

سدیم وارد سیتوپلاسم نورون کنند.

● ظاهراً کتاب درسی هم این کانال‌ها را غیر اختصاصی در نظر گرفته است.

- در کتب مرجع زیست‌شناسی سلولی و مولکولی این کانال‌ها دو نوع بوده و اختصاصی در نظر گرفته شده‌اند. به عبارت دیگر برفی از آنها به طور

اختصاصی برای خروج پتاسیم و برفی نیز برای ورود سدیم عمل می‌کنند.

+ پمپ سدیم - پتاسیم: به دنبال فعالیت این پمپ‌ها باز هم بیرون سلول مثبت‌تر می‌شود.

x این پمپ تقریباً در همه سلول‌های زنده جانوری وجود دارد.

x در هر بار فعالیت این پمپ، سه یون سدیم از نورون خارج و دو یون پتاسیم به آن وارد می‌شوند.

- بنابراین به دنبال فعالیت این پمپ بار مثبت بیشتری از سلول خارج شده و بیرون سلول نسبت به درون آن مثبت‌تر می‌شود.

x این پمپ مانند سایر پمپ‌ها با مصرف انرژی کار می‌کند. انرژی لازم برای انتقال یون‌ها از تجزیه یا هیدرولیز مولکول‌های ATP به دست می‌آید.

- بعد از اتصال ATP، دهانه پمپ رو به سیتوپلاسم باز، یون‌های پتاسیم به درون سلول آزاد و یون‌های سدیم به آن متصل می‌شوند.

- بعد از تجزیه ATP، دهانه پمپ رو به بیرون باز، یون‌های سدیم از آن رها شده و یون‌های پتاسیم به آن متصل می‌شوند.

نکاتی در مورد پتانسیل عمل: در یک لحظه بیرون منفی و درون مثبت است، سپس به حالت قبل برمی‌گردد.

(۱) تعریف پتانسیل عمل: در حالت تحریک، در دو سوی غشای یک نورون، اختلاف پتانسیلی در حدود $+30$ میلی‌ولت برقرار شده و دوباره به حالت اول برمی‌گردد.

+ در محل تحریک، مقدار یون‌های سدیم در درون نورون بیشتر و به دنبال آن، مقدار یون‌های پتاسیم در بیرون نورون، از درون آن بیشتر می‌شود.

+ در واقع در محل تحریک، درون سلول نسبت به بیرون آن تعداد بیشتری یون سدیم خواهد داشت.

+ بلافاصله به دنبال آن، بیرون سلول نسبت به درون آن تعداد بیشتری یون پتاسیم خواهد داشت.

(۲) ایجاد پتانسیل عمل: این پتانسیل به دلیل وجود دو نوع پروتئین غشایی در غشای نورون‌ها یعنی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی ایجاد می‌شود.

+ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: به دنبال فعالیت این کانال‌ها درون سلول مثبت‌تر می‌شود.

x در لحظه تحریک، یون‌های سدیم می‌توانند به روش انتشار تسهیل شده از این کانال‌ها عبور و وارد سلول شوند.

x این عمل باعث می‌شود تا درون نورون نسبت به بیرون آن مثبت‌تر شود! بنابراین، درون نورون مثبت و بیرون آن منفی می‌شود.

x بدیهی است در این حالت هم بیرون نورون و هم درون آن یون‌های مثبت سدیم و پتاسیم وجود دارند.

- اما به دلیل اینکه در درون بارهای مثبت بیشتری وجود دارد، بیرون آن را منفی در نظر می‌گیرند!

x بر اساس شکل کتاب، درپه این کانالها در سمت خارجی سلول واقع شده و رو به بیرون باز می‌شود.

+ کانالهای درپه‌دار پتاسیمی: به دنبال فعالیت این کانالها بیرون سلول مثبت‌تر می‌شود.

x در ادامه تحریک، یونهای پتاسیم می‌توانند به روش انتشار تسهیل شده از این کانالها عبور و از سلول خارج شوند.

x این عمل باعث می‌شود تا بیرون نوروں نسبت به درون آن مثبت‌تر شود! بنابراین، بیرون نوروں مثبت و درون آن منفی می‌شود.

x بدیهی است در این حالت هم بیرون نوروں و هم درون آن یونهای مثبت سدیم و پتاسیم وجود دارند.

- اما به دلیل اینکه در درون بارهای مثبت کمتری وجود دارد، بیرون آن را مثبت در نظر می‌گیرند!

x بر اساس شکل کتاب، درپه این کانالها در سمت داخلی سلول واقع شده و رو به درون باز می‌شود.

نکاتی در مورد پتانسیل آرامش کاذب و واقعی: نوع و تعداد یونهایی که این دو نوع پتانسیل را به وجود آورده‌اند با هم متفاوت است (شکل زیر).

(۱) پتانسیل عمل واقعی: در حالت آرامش اختلاف پتانسیل ۷۰- میلی‌ولت است!

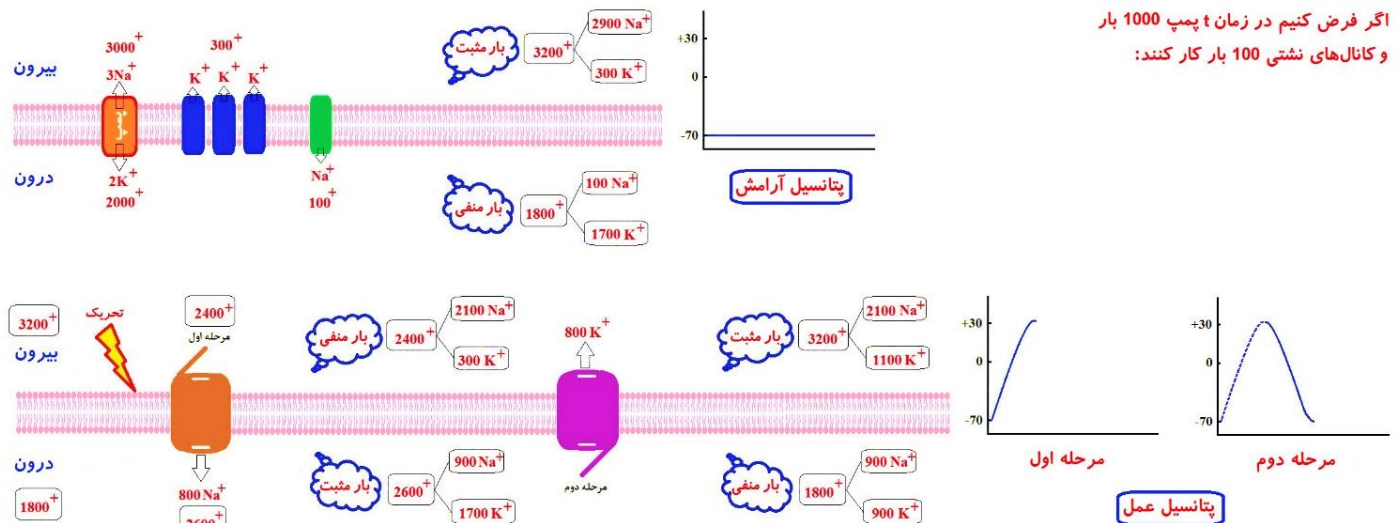
+ نکته جالب این‌که این پتانسیل حاصل فعالیت کانالهای نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم است!

(۲) پتانسیل عمل کاذب: در پایان پتانسیل عمل دوباره اختلاف پتانسیل دو سوی غشاء، به ۷۰- میلی‌ولت می‌رسد.

+ نکته جالب این‌که این پتانسیل حاصل فعالیت کانالهای درپه‌دار پتاسیمی است!

+ در پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم باعث ایجاد پتانسیل آرامش واقعی می‌شود!

x لازم به ذکر است، پمپ سدیم - پتاسیم در تمام مدت پتانسیل آرامش و عمل در حال فعالیت است.



اگر فرض کنیم در زمان پمپ ۱۰۰۰ بار و کانالهای نشستی ۱۰۰ بار کار کنند:

نکاتی در مورد اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نوروں

(۱) در یک منفی پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل نهایی دو سوی غشاء، می‌تواند تا ۱۰۰ میلی‌ولت باشد!

(۲) در یک منفی پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل دو سوی غشاء، دو بار صفر و ۷۰، سه بار ۱۵۰، چهار بار ۲۰۰ و ... میلی‌ولت خواهد بود!

وضعیت پروتئینهای غشایی در مراحل مختلف پتانسیل آرامش و عمل

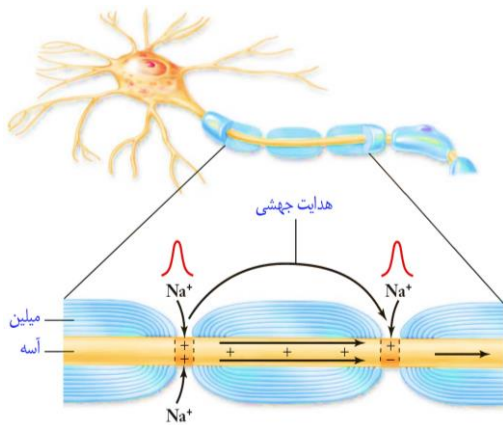
وضعیت کانالهای نشستی، پمپ سدیم - پتاسیم و کانالهای درپه‌دار سدیمی و پتاسیمی در مراحل مختلف پتانسیل آرامش و عمل به صورت زیر است:

نوع پروتئین	پتانسیل آرامش	پتانسیل عمل (مرحله اول - صعودی)	پتانسیل عمل (مرحله دوم - نزولی)
کانالهای نشستی	باز	باز	باز
پمپ سدیم - پتاسیم	فعال	فعال	فعال
کانالهای درپه‌دار سدیمی	هر دو بسته	باز	بسته
کانالهای درپه‌دار پتاسیمی	هر دو بسته	بسته	باز

گره‌های رانویه چه نقشی دارند؟

هدایت پیام عصبی در گیرنده‌ها، نوروں‌ها، سلولهای ماهیچه‌ای و سلولهای پوششی موجود در غدد انجام می‌گیرد. هدایت پیام در رشته‌های عصبی میلیون‌ها 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 میلیون‌ها، گره‌های رانویه وجود دارد. در محل این گره‌ها، میلین وجود ندارد و رشته عصبی با محیط بیرون از یاخته یا همان مانع بین سلولی ارتباط دارد. نکته جالب: سرعت هدایت پیام در رشته‌های عصبی از ۱/۲ mm/s در رشته‌های نازک بدون میلین تا ۱۲۰ m/s در رشته‌های قطور میلین‌دار متفاوت است.

لازم به ذکر است، رشته‌های عصبی در محل گره‌های رانویه، پمپ سدیم - پتاسیم، کانال‌های نشستی و کانال‌های دریچه‌دار (به ویژه نوع سدیمی!) بیشتری دارند، در حالی که در زیر غلاف میلین تعداد این پروتئین‌ها خیلی کمتر بوده و بیشتر فسفولیپید و کلسترول وجود دارد. کانال‌های دریچه‌دار در زیر غلاف میلین وجود ندارند.



بنابراین، در این گره‌ها پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و پیام عصبی درون رشته 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 (شکل ۹). در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت ارسال پیام اهمیت زیادی دارد. بنابراین، نورون‌های حرکتی متصل به آنها میلین‌دار است.

شکل ۹- هدایت جهشی در نورون میلین‌دار

کاهش یا افزایش میزان میلین به بیماری منجر می‌شود.

+ **کاهش مقدار میلین:** مثلاً در بیماری **ام اس (مالتیپل اسکلروزیس)** یاخته‌های پشتیبانی که در سیستم عصبی مرکزی یعنی مغز و نخاع میلین می‌سازند، به دنبال فونریزی یا آسیب مغزی و نخاعی و پس از حمله سلول‌های T سیستم ایمنی از بین می‌روند. در نتیجه ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود. **بینایی و حرکت، مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود.**

+ **افزایش مقدار میلین:** باعث بروز بیماری‌هایی مانند **صرع و اوتیسم** می‌شود.

x در بیماری صرع حرکات شدید اعضای بدن به ویژه دست‌ها و پاها به صورت غیر ارادی، افتادن روی زمین و ... اتفاق می‌افتد.

x در بیماری اوتیسم مشکل در تعاملات اجتماعی، برقراری ارتباط و میل به پیگیری رفتارهای تکرار شونده دیده می‌شود.

فعالیت ۴

پژوهشگران بر این باورند که در گره‌های رانویه، تعداد زیادی کانال دریچه‌دار وجود دارد، ولی در فاصله بین گره‌ها یعنی در زیر غلاف

میلین، این کانال‌ها وجود ندارند. این موضوع با هدایت جهشی چه ارتباطی دارد؟ ورود و خروج یون‌ها فقط در محل این گره‌ها که کانال‌های دریچه‌دار وجود دارند انجام شده و هدایت پیام به صورت گره به گره یا جهشی انجام می‌شود.

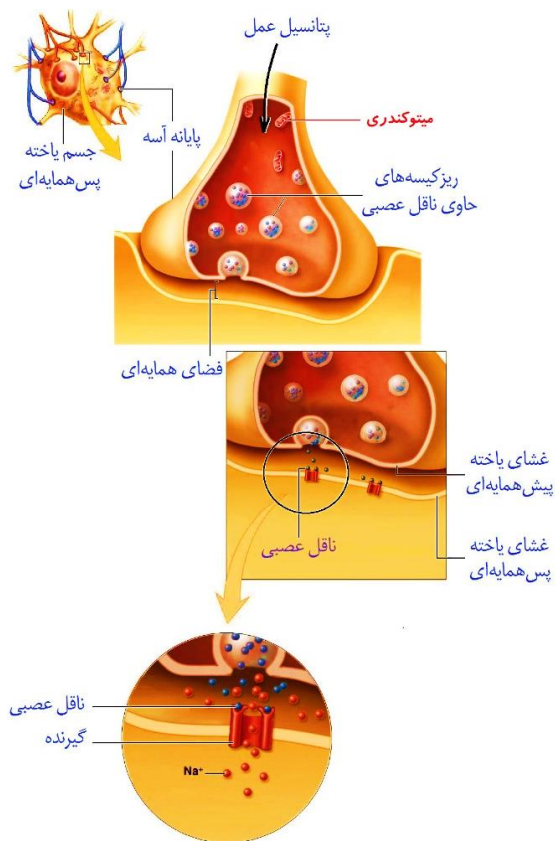
نکاتی دیگری در مورد هدایت پیام عصبی

- (۱) هدایت پیام عصبی در گیرنده‌ها، نورون‌ها، سلول‌های ماهیچه‌ای و سلول‌های پوششی موجود در غدد انجام می‌گیرد.
- (۲) به طور کلی سرعت هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی با قطر آنها و میلین‌دار بودن آنها رابطه مستقیم دارد.
- (۳) در محل گره‌های رانویه، غلاف میلین وجود ندارد و رشته عصبی با محیط بیرون یعنی مایع بین سلولی در ارتباط است.
- (۴) در محل گره‌های رانویه، پمپ سدیم - پتاسیم، کانال‌های نشستی و کانال‌های دریچه‌دار (به ویژه نوع سدیمی!) بیشتری وجود دارد.
- (۵) در بخشی از غشای نورون که در زیر غلاف میلین قرار دارد، بیشتر فسفولیپید و کلسترول وجود دارد.
- (۶) بر اساس کتاب، در زیر غلاف میلین کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی وجود ندارند.
- (۷) در گره‌های رانویه، پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و پیام عصبی درون رشته عصبی از یک گره به گره دیگر هدایت می‌شود.
- (۸) در این حالت به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره به گره دیگر می‌جهد. به همین علت، این هدایت را **هدایت جهشی** می‌نامند.
- (۹) نورون‌های حرکتی که پیام‌های عصبی را به سوی ماهیچه‌های اسکلتی می‌برند، **میلین‌دار** هستند.
- (۱۰) در همه نورون‌ها هدایت نقطه به نقطه وجود دارد، در حالی که در برخی از آنها یعنی انواع میلین‌دار علاوه بر این نوع هدایت، هدایت جهشی هم مشاهده می‌شود.

یاخته‌های عصبی، پیام عصبی را منتقل می‌کنند

دانستید پیام عصبی در طول آسه 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؟ از طریق **سیناپس**

یاخته‌های عصبی با یکدیگر **ارتباط ویژه‌ای** به نام **همایه (سیناپس)** برقرار می‌کنند. بین این یاخته‌ها در محل همایه، فضایی به نام **فضای سیناپسی** یا **فضای همایه‌ای** وجود دارد. برای انتقال پیام از یاخته عصبی انتقال دهنده یا یاخته عصبی **پیش‌همایه‌ای** (نورون پیش‌سیناپسی)، ماده‌ای به نام **ناقل عصبی** در فضای همایه آزاد می‌شود. این ماده بر یاخته دریافت کننده، یعنی یاخته **پس‌همایه‌ای** (سلول پس‌سیناپسی) اثر می‌کند. ناقل عصبی اغلب در **بسم سلولی** یاخته‌های عصبی ساخته شده و درون ریزکیسه‌ها ذخیره می‌شود. این کیسه‌ها از طریق اسکلت سلولی و با مصرف ATP در طول آسه هدایت



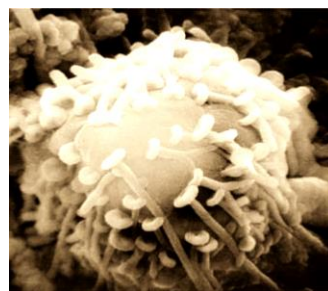
می‌شوند تا به **پایانه** آن برسند. وقتی پیام عصبی به **پایانه** آسه می‌رسد، این کیسه‌ها با مصرف **ATP** و **برون‌رانی**، ناقل را در فضای همایه **آزاد** می‌کنند (شکل ۱۰). یاخته‌های عصبی با یاخته‌های ماهیچه‌ای **نیز** همایه دارند و با ارسال پیام موجب **انقباض** آنها می‌شوند.

ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای یاخته پس‌همایه‌ای، به **پروتئینی** به نام **گیرنده (دو مولکول ناقل به یک مولکول گیرنده)** متصل می‌شود. این پروتئین همچنین **کانالی** است که با اتصال ناقل عصبی به آن **باز** می‌شود (**انتشار تسهیل شده**).

به این ترتیب، ناقل عصبی با **تغییر** نفوذپذیری غشای یاخته پس‌همایه‌ای به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی این یاخته را **تغییر می‌دهد**. بر اساس اینکه ناقل عصبی **تحریک کننده** یا **بازدارنده** باشد، یاخته پس‌همایه‌ای می‌تواند **تحریک**، یا فعالیت آن **مهار** می‌شود.

شکل ۱۰- الف) تصویر همایه با میکروسکوپ الکترونی (شکل پائین)

ب) آزاد شدن ناقل عصبی و اثر آن بر یاخته پس‌همایه‌ای (شکل روبه‌رو)



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 (۱) با **جذب** دوباره ناقل به یاخته پیش‌همایه‌ای انجام می‌شود، (۲) همچنین آنزیم‌هایی ناقل عصبی را **تجزیه** می‌کنند. **تغییر** در میزان **طبیعی** ناقل‌های عصبی از دلایل **بیماری** و **اختلال** در کار دستگاه عصبی است.

نکاتی در مورد سیناپس‌ها و انتقال پیام عصبی

۱) یکی دیگر از ویژگی‌های نورون‌ها **انتقال** پیام عصبی از یک نورون به نورون دیگر یا **سلول** دیگر است.

+ این انتقال بر اساس کتاب! همواره به صورت **شیمیایی** و در محل سیناپس‌ها انجام می‌شود.

۲) در محل سیناپس نورون‌ها به یکدیگر **نرسیده‌اند**، بلکه بین آنها **فضای سیناپسی** وجود دارد.

۳) برای انتقال پیام از نورون پیش‌سیناپسی، ماده‌ای به نام **ناقل عصبی** در فضای سیناپسی آزاد می‌شود که بر سلول پس‌سیناپسی **اثر** می‌کند.

+ ناقل عصبی در **جسم سلولی** نورون‌ها ساخته شده و درون ریزکیسه‌هایی **ذخیره** می‌شود.

x این ریزکیسه‌ها از طریق **اسکلت سلولی** و با مصرف **ATP** در طول نورون حرکت نموده تا به **پایانه** آکسون برسند.

x با رسیدن پیام عصبی به پایانه آکسون، ریزکیسه‌ها با فرایند **اکزوسیتوز**، ناقل را در فضای سیناپسی **ترشح** می‌کنند تا روی سلول پس‌سیناپسی **اثر** کند.

- به همین دلیل در پایانه آکسون‌ها **میتوکندری‌های فراوانی** وجود دارد تا **ATP** لازم برای فرایند اکزوسیتوز و انتقال پیام عصبی را فراهم کنند.

۴) انواع سیناپس‌ها عبارتند از:

+ سیناپس نورون با نورون: پایانه آکسون نورون حسی و نورون رابط یا پایانه آکسون نورون حرکتی!

x پایانه آکسون نورون پیش‌سیناپسی با دندریت نورون پس‌سیناپسی

x پایانه آکسون نورون پیش‌سیناپسی با جسم سلولی نورون پس‌سیناپسی

+ سیناپس نورون با سلول ماهیچه‌ای: پایانه آکسون نورون حرکتی با بخشی از سلول ماهیچه‌ای!

x پایانه آکسون نورون پیش‌سیناپسی با بخشی از سلول ماهیچه‌ای (اسکلتی، قلبی یا صاف)

+ سیناپس نورون با سلول غده (که نوعی سلول پوششی است): پایانه آکسون نورون حرکتی با سلول غده‌ای!

x پایانه آکسون نورون پیش‌سیناپسی با بخشی از سلول پوششی

+ سیناپس گیرنده غیر عصبی با نورون حسی: بخشی از گیرنده با دندریت نورون حسی!

x بخشی از گیرنده غیر عصبی با دندریت نورون حسی پس‌سیناپسی

- در این مورد سلول پیش‌سیناپسی، نورون نیست! بلکه یک گیرنده غیر عصبی مانند سلول پوششی است.

* گیرنده‌های **پشایی** زبان، گیرنده‌های **شنوایی** و **تعادلی** موجود در گوش و گیرنده‌های موجود در **فط جانبی ماهی** از این نوع هستند!

۵) دو مولکول ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای سلول پس‌سیناپسی، به پروتئینی به نام گیرنده متصل می‌شود.

+ گیرنده به صورت یک کانال یونی عمل نموده و با اتصال ناقل به آن تغییر شکل داده و دهانه آن باز می‌شود تا اجازه عبور به برخی یون‌ها داده شود.

۶) ناقل‌های عصبی با تغییر نفوذپذیری غشای سلول پس‌سیناپسی به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی آن را تغییر می‌دهند.

+ این تغییر می‌تواند در جهت ایجاد پتانسیل عمل یا پتانسیل آرامش دیگری! اتفاق بیفتد.

۷) بر اساس این‌که ناقل عصبی تحریک کننده یا بازدارنده باشد، سلول پس‌سیناپسی می‌تواند تحریک، یا مهار می‌شود.

۸) نکته بسیار مهم این‌که پس از رسیدن ناقل به گیرنده اتفاقات زیر رخ می‌دهند:

+ قطعاً کانال گیرنده باز شده و نفوذپذیری غشای سلول پس‌سیناپسی تغییر می‌کند!

+ بنابراین پتانسیل سلول پس‌سیناپسی هم قطعاً تغییر می‌کند! این تغییر پتانسیل می‌تواند یکی از دو کار زیر را انجام دهد:

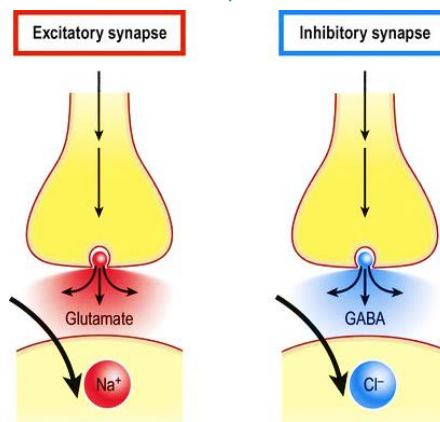
x در جهت تحریک یا در جهت ایجاد پتانسیل عمل (+ میلی‌ولت) باشد (دپلاریزاسیون).

x در جهت مهار یا در جهت پتانسیل آرامش دیگر (کمتر از ۷۰- میلی‌ولت) باشد (هیپرپلاریزاسیون)!

+ این موضوع به نوع ناقل عصبی مربوط می‌شود. به عنوان مثال:

x برخی از ناقل‌ها مانند گلوآمات تحریک کننده هستند یعنی سبب ایجاد پتانسیل عمل یا دپلاریزاسیون در سلول پس‌سیناپسی می‌شوند.

x برخی از ناقل‌ها مانند گابا مهار کننده هستند یعنی سبب ایجاد پتانسیل آرامش دیگر! یا هیپرپلاریزاسیون در سلول پس‌سیناپسی می‌شوند.



۹) پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده، باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود.

+ تخلیه ناقل عصبی از فضای سیناپسی به دو صورت انجام می‌شود:

x جذب دوباره ناقل عصبی به سلول پیش‌سیناپسی

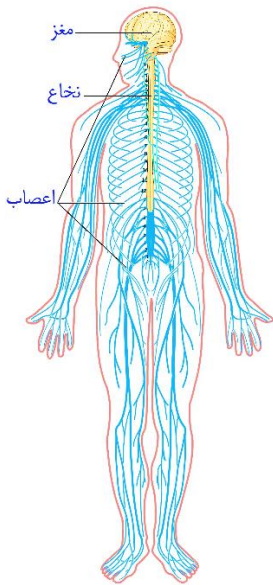
- بر اساس اندازه و ماهیت شیمیایی ناقل، جذب می‌تواند از طریق انتشار، انتقال فعال یا آندوسیتوز صورت گیرد!

x تجزیه ناقل عصبی به وسیله آنزیم‌ها

۱۰) تغییر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی می‌تواند سبب بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی شود.

ساختار دستگاه عصبی

گفتار ۲



در گذشته آموختید که دستگاه عصبی **دو** بخش **مرکزی** و **محیطی** دارد (شکل ۱۱). به نظر شما چرا دو بخش این دستگاه را مرکزی و محیطی نامیده‌اند؟

زیرا بخش مرکزی شامل **مغز** و **نخاع** است و بخش محیطی نیز شامل **۱۲** **بافت** عصب مغزی و **۱۳** **بافت** عصب نخاعی متصل به مغز و نخاع است.

شکل ۱۱- دستگاه عصبی مرکزی (رنگ زرد) و محیطی (رنگ آبی)

(۱) نخاع تا پایین‌ترین بخش ستون مهره‌ها امتداد ندارد.

+ نخاع در ناحیه کمر، تمام شده و کانال موجود در وسط ستون مهره‌ها به وسیله تعدادی از اعصاب نخاعی (شغال) می‌شود.

(۲) بر اساس شکل کتاب، ناحیه گردنی و کمری نخاع نسبت به ناحیه پشتی یا سینه‌ای آن **قطر**تر هستند.

(۳) به طور کلی اعصاب مغزی نسبت به اعصاب نخاعی، از نظر تعداد **کمتر** و از نظر طول **کوتاه‌تر** و از نظر قطر هم **نازک‌تر** هستند.

(۴) **بلندترین** و **قطرترین** اعصاب بدن اعصاب سیاتیک هستند که به ناحیه پائین ستون مهره‌ها متصل هستند نه به نخاع!

دستگاه عصبی مرکزی

دستگاه عصبی مرکزی شامل **مغز** و **نخاع** است که **مراکز** نظارت بر فعالیت‌های بدن اند. این دستگاه، اطلاعات دریافتی از **محیط بیرون** و **درون بدن** را که از طریق اعصاب **حسی** به مغز و نخاع می‌آیند، **تفسیر** می‌کند و از طریق اعصاب **حرکتی** به آنها **پاسخ** می‌دهد. مغز و نخاع از دو بخش **ماده خاکستری** و **ماده سفید** تشکیل شده‌اند. شکل ۱۲ را ببینید و محل قرار گرفتن ماده خاکستری و ماده سفید در مغز و نخاع را **مقایسه** کنید.

+ در مغز ماده خاکستری در بیرون و ماده سفید در داخل

+ در نخاع ماده سفید در بیرون و ماده خاکستری در داخل

ماده خاکستری شامل (۱) **جسم باخته‌های عصبی** و (۲) **رشته‌های عصبی بدون میلین** و ماده سفید، **اجتماع رشته‌های میلین** دار است.

شکل ۱۲- برش عرضی مغز و نخاع

(۱) در برش عرضی مغز

+ شیار بین دو نیمکره در بخش **عقبی** سر عمق بیشتری دارد.

+ بطن‌های مغز در بخش **عقبی** آن **بیشتر** دیده می‌شوند.

+ در بخش سفید، تعدادی «هسته خاکستری» متقارن، شامل **تالاموس‌ها**، **هیپوتالاموس** و ... دیده می‌شود.

x بدیهی است در این بخش‌ها **جسم سلولی** نورون‌ها دیده می‌شود.

+ سینوس‌های سیاهرگی پر خون بین دو لایه پرده مننژ بیرونی یا سفت‌شامه وجود دارند.

x در بخش **عقبی** مغز و در شیار بین دو نیمکره به وضوح دیده می‌شوند.

+ در برش تهم‌مرغی شکل مغز، قاعده تهم‌مرغ به سمت **عقب** و رأس آن به سمت **جلو** قرار دارد.

(۲) در برش عرضی نخاع

+ اگر بخش خاکستری نخاع را شبیه به یک پروانه در نظر بگیریم:

x بخش **پهن‌تر** بال‌ها رو به **جلو** و بخش **نازک‌تر** رو به **عقب** قرار دارد.

x بخش **پهن** بال‌ها، در درون بخش سفید قرار داشته و اعصاب **حسی** ابتدا وارد بخش سفید می‌شوند.

x بخش **نازک** بال‌ها، تمام بخش سفید را قطع نموده و به طور **مستقیم** با اعصاب محیطی در ارتباط است!

+ کانال مرکزی نخاع در مرکز بخش خاکستری آن قرار دارد.

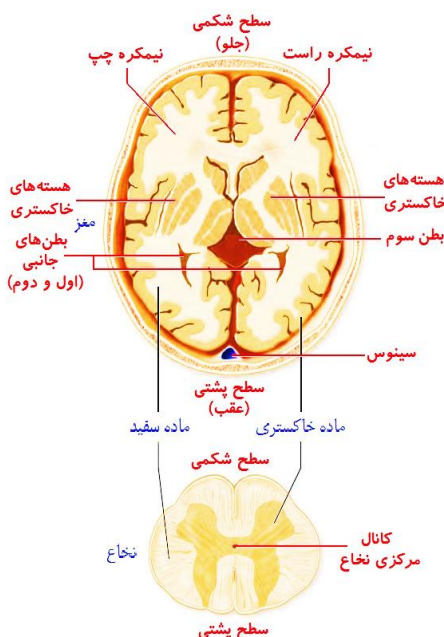
x از طریق این کانال، مایع مغزی - نخاعی موجود در بطن چهارم مغز به نخاع هم وارد می‌شود.

+ هم در سطح پشتی و هم سطح شکمی نخاع شیارهایی وجود دارند:

x سطح **پشتی** نخاع دارای یک شیار عمیق و غیر گسترده است.

x سطح **شکمی** آن دارای یک شیار **سطحی** و گسترده است.

+ در برش تهم‌مرغی نخاع، قاعده تهم‌مرغ به سمت **عقب** و رأس آن به سمت **جلو** قرار دارد.



حفاظت از مغز و نخاع: مغز و نخاع به وسیله سه نوع سازوکار محافظت می‌شوند.

سازوکار اول: استخوان‌های جمجمه و ستون مهره

سازوکار دوم: پرده‌های سه گانه مننژ

علاوه بر استخوان‌های جمجمه و ستون مهره، سه پرده از

نوع بافت پیوندی به نام **پرده‌های مننژ** از مغز و نخاع محافظت

می‌کنند (شکل ۱۳). فضای بین همه این پرده‌ها را **مایع مغزی -**

نخاعی پر کرده است که مانند یک ضربه‌گیر، دستگاه عصبی

مرکزی را در برابر ضربه حفاظت می‌کند.

نکته: این پرده‌ها به ترتیب از بیرون به داخل عبارتند از:

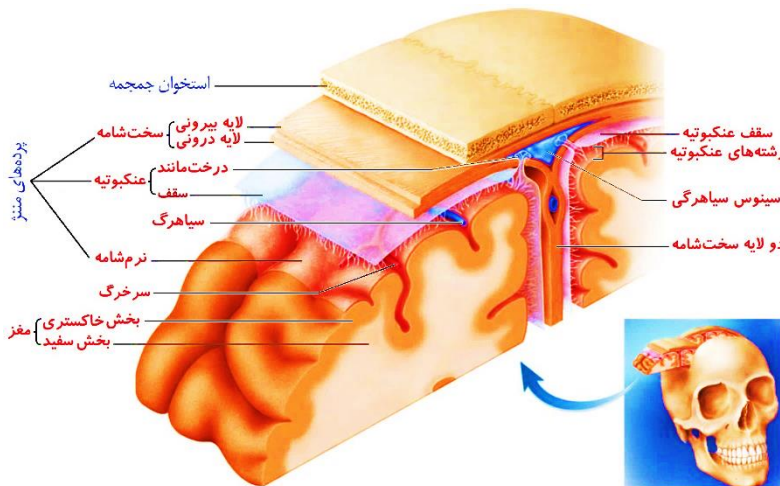
(۱) پرده بیرونی یا سخت‌شامه که با جمجمه و مهره‌ها در تماس است.

(۲) پرده میانی یا عنکبوتیه که بین دو پرده دیگر قرار می‌گیرد.

(۳) پرده درونی یا نرم‌شامه که با مغز و نخاع در تماس است.

شکل ۱۳ - پرده‌های مننژ

سازوکار سوم: سد نخونی - مغزی و سد نخونی - نخاعی



در سال گذشته با انواع مویرگ‌ها آشنا شدید. مویرگ‌های دستگاه عصبی مرکزی از کدام نوع‌اند و چه ویژگی‌هایی دارند؟ از نوع پیوسته که سلول‌های آنها

با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند و ورود و خروج مواد در آنها به شدت تنظیم می‌شود.

نکته پالشی: در بخش‌هایی مانند هیپوتالاموس و هیپوفیز مویرگ‌های منفذدار هم وجود دارد که اجازه عبور هورمون‌ها را می‌دهد!

یاخته‌های بافت پوششی مویرگ‌های مغز و نخاع به یکدیگر چسبیده‌اند و بین آنها منفذی وجود ندارد. در نتیجه بسیاری از مواد و میکروب‌ها در شرایط

طبیعی نمی‌توانند به مغز و نخاع وارد شوند. این عامل حفاظت کننده در مغز، **سد خونی - مغزی** و در نخاع **سد خونی - نخاعی** نام دارد. البته مولکول‌هایی

مثل اکسیژن، گلوکز و آمینواسیدها و برخی داروها و الکترولیت می‌توانند از این سد‌ها عبور کنند.

نکاتی در مورد دستگاه عصبی

(۱) دستگاه عصبی مرکزی یعنی مغز و نخاع مراکز نظارت بر فعالیت‌های بدن هستند.

+ اطلاعات دریافتی از محیط بیرون و درون بدن که از طریق اعصاب حسی به مغز و نخاع می‌آیند را پس از پردازش و به وسیله اعصاب حرکتی پاسخ می‌دهد.

(۲) حفاظت از مغز و نخاع: به سه صورت انجام می‌شود.

+ استخوان‌های جمجمه و ستون مهره‌ها

+ پرده‌های مننژ که از جنس بافت پیوندی هستند. این پرده‌ها به ترتیب از بیرون به داخل عبارتند از:

x پرده بیرونی یا سخت‌شامه که با استخوان‌های جمجمه و ستون مهره‌ها در تماس است.

- این پرده دو لایه دارد. لایه درونی این پرده در شیارهای عمیق فرو رفته در حالی که لایه بیرونی آن در تماس با استخوان‌ها قرار دارد.

- در محل شیارها دو لایه سخت‌شامه از یکدیگر فاصله گرفته و بین آن سینوس‌های سیاهرگی پرفزون وجود دارند.

x پرده میانی یا عنکبوتیه که مابین دو پرده دیگر قرار دارد.

- این پرده در مجاورت سخت‌شامه نوعی سقف و در مجاورت نرم‌شامه ستون‌های ظریفی شبیه به تار عنکبوت ایجاد نموده است.

- در اطراف سقف و تارهای عنکبوتیه مایع مغزی - نخاعی مشاهده می‌شود که از شبکه‌های مویرگی واقع در بطن‌ها ترشح شده است.

- لایه درونی سخت‌شامه دارای سوراخ‌هایی است که از طریق آنها بخش‌های درفت‌مانند عنکبوتیه وارد سینوس‌های سیاهرگی می‌شوند.

- از طریق این بخش‌های درفت‌مانند مایع مغزی - نخاعی با خون سیاهرگی مبادله می‌شود.

- پرده میانی مننژ یا عنکبوتیه فقط در درون شیارهای عمیق نفوذ می‌کند.

x پرده درونی یا نرم‌شامه که با مغز و نخاع در تماس مستقیم است.

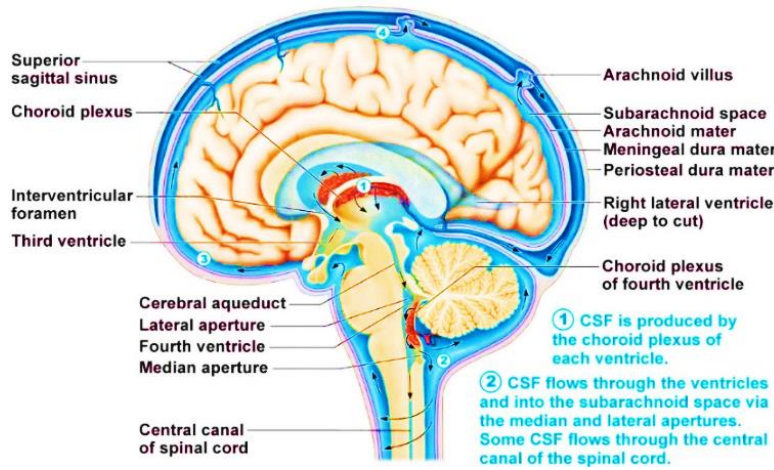
- این پرده در تمام شیارهای بزرگ و کوچک و حتی در درون بطن‌های چهار گانه مغزا نفوذ کرده است.

- این پرده دارای شبکه‌های مویرگی فراوان است که از طریق آنها مواد مختلف با واسطه نوروگلیاها به بافت‌های مغز و نخاع می‌رسند.

- فضای بین پرده‌ها را مایع مغزی - نخاعی پر کرده که مانند یک ضربه‌گیر، دستگاه عصبی مرکزی را در برابر ضربه حفاظت می‌کند.

+ سد ناشی از سلول‌های پوششی مویرگ‌های پیوسته مغز و ارتباط تنگاتنگ آنها باعث تنظیم شدید ورود و خروج مواد در آنها می‌شود.

x این ساختار در مغز، سد نخونی - مغزی و در نخاع، سد نخونی - نخاعی نامیده می‌شود.

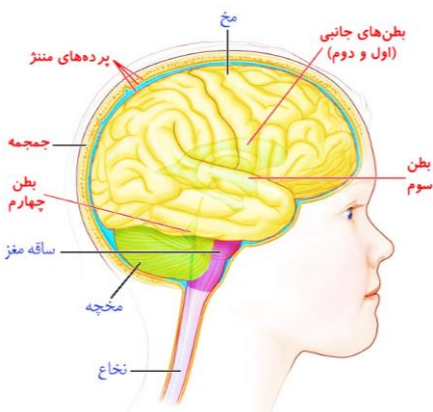


یادآوری: مویرگ‌ها سه نوع هستند:

- (۱) مویرگ‌های پیوسته: سلول‌های آنها با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند و ورود و خروج مواد در آنها به شدت تنظیم می‌شود.
- + در دستگاه عصبی مرکزی، شش‌ها و ماهیچه‌ها از این نوع مویرگ‌ها یافت می‌شود.
- (۲) مویرگ‌های منفذدار: دارای منافذ فراوان در غشای سلولی خود هستند. غشای پایه ضمیمه است که عبور مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها را محدود می‌کند.
- + مویرگ‌های موجود در نفرون‌های کلیه‌ها از این نوع هستند.
- (۳) مویرگ‌های ناپیوسته: فاصله سلول‌ها آنقدر زیاد است که به صورت تفرقه‌هایی در دیواره مویرگ دیده می‌شود.
- + در جگر، طحال و مغز استخوان از این نوع مویرگ‌ها یافت می‌شود.

مغز

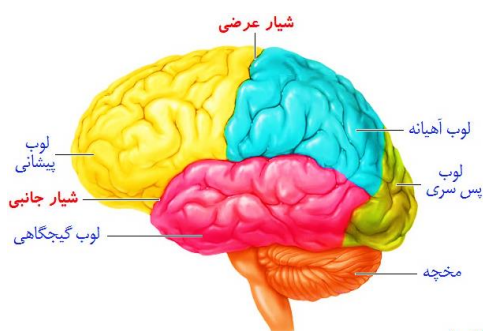
می‌دانید مغز از سه بخش اصلی مخ، مخچه و ساقه مغز تشکیل شده است (شکل ۱۴). در ادامه با ساختار و کار بخش‌های تشکیل دهنده مغز بیشتر آشنا می‌شوید.



شکل ۱۴- سه بخش اصلی مغز

- (۱) در مغز ساختارهای دیگری از جمله تالاموس‌ها، هیپوتالاموس، سامانه لیمبیک، هیپوکامپ‌ها و ... هم وجود دارد.
- (۲) هیپوفیز به هیپوتالاموس متصل است. بخش پیشین آن ساختار غده‌ای داشته و جزء دستگاه عصبی محسوب نمی‌شود.

نیمکره‌های مخ: در انسان بیشتر حجم مغز را مخ تشکیل می‌دهد. دو نیمکره مخ با رشته‌های عصبی به هم متصل‌اند. رابط‌های سفید رنگ به نام **رابط پینه‌ای** و **رابط سه‌گوش** از این رشته‌های عصبی‌اند که هنگام تشریح مغز آنها را می‌بینید. پس رابط‌های دیگری هم وجود دارد مانند **رابط تالاموس‌ها**. دو نیمکره به طور همزمان از همه 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 نیمکره چپ به توانایی در ریاضیات و استدلال مربوط‌اند و نیمکره راست در مهارت‌های هنری تخصص یافته است.

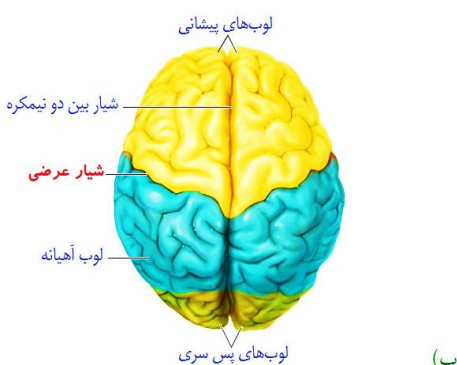


بخش خارجی نیمکره‌های مخ، یعنی **قشر مخ** از ماده خاکستری است و سطح وسیعی را با ضخامت چند میلی‌متر تشکیل می‌دهد. قشر مخ، چین‌خورده است و شیارهای متعددی دارد. شکل ۱۵ را ببینید، شیارهای عمیق یعنی شیار بین دو نیمکره، شیارهای عرضی و شیارهای جانبی هر یک از نیمکره‌های مخ را به چهار لوب پس سری، گیجگاهی، آهیانه و پیشانی تقسیم می‌کنند. قشر مخ، جایگاه پردازش نهایی اطلاعات ورودی به مغز است که نتیجه آن یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه است. قشر مخ شامل بخش‌های حسی، حرکتی و ارتباطی است.

(الف)

- + 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.

شکل ۱۵- لوب‌های مخ (الف) از نیمکره چپ (ب) از بالا



(ب)

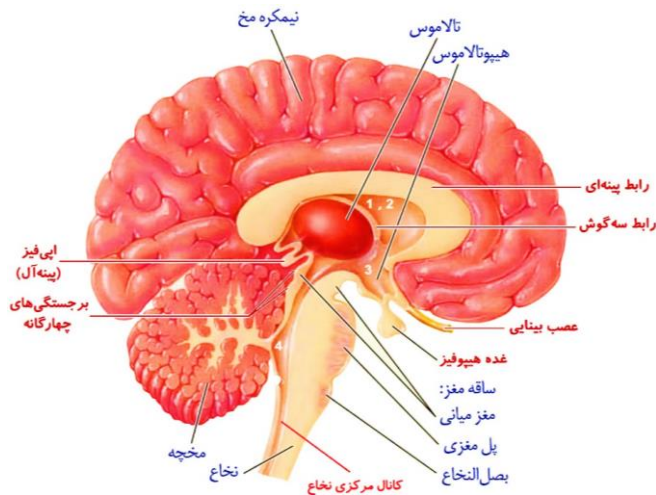
ساقه مغز: ساقه مغز از **مغز میانی**، **پل مغزی** و **بصل النخاع** تشکیل شده است (شکل ۱۶).

+ **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.

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

+ **بصل النخاع:** پایین‌ترین بخش مغز است که در بالای نخاع قرار دارد. بصل النخاع، فشار خون و ضربان قلب را تنظیم می‌کند و مرکز انعکاس‌هایی مانند عطسه، بلع، سرفه و مرکز اصلی تنظیم تنفس است.

شکل ۱۶- نیمهٔ چپ مغز، بطن‌های چهارگانه مغز با شماره نشان داده شده‌اند.



مخچه: مخچه در پشت ساقه مغز قرار دارد و شامل دو نیمکره و بخشی به نام **کریمینه** در وسط آنهاست. مخچه مرکز تنظیم وضعیت بدن و تعادل آن است. مخچه به طور پیوسته از بخش‌های دیگر مغز، نخاع و اندام‌های حسی، مانند گوش‌ها و حتی چشم‌ها پیام‌ها را دریافت و بررسی می‌کند تا فعالیت ماهیچه‌ها و حرکات بدن را در حالت‌های گوناگون به کمک مغز و نخاع هماهنگ کند.

فعالیت ۵

با استفاده از آنچه آموختید در گروه خود دربارهٔ پرسش‌های زیر گفت‌وگو و پاسخ را به کلاس گزارش کنید.

- ۱- هنگام ورزش چگونه تعادل خود را حفظ می‌کنید؟ هنگام ورزش پیام‌های حسی توسط چشم، گوش، پوست و ... به مغز ارسال می‌شود. مغز نیز با ارسال پیام حرکتی به ماهیچه‌ها باعث برقراری تعادل می‌شود.
- ۲- هنگام راه رفتن با چشمان بسته، چه تغییری در راه رفتن ایجاد می‌شود؟ علت تغییر را توضیح دهید. در این صورت پیام‌ها از چشم به مغز منتقل نشده و مغز نمی‌تواند تعادل را برقرار نماید.
- ۳- چگونه ممکن است با وجود سلامت کامل چشم‌ها، فرد قادر به دیدن نباشد؟ چون ممکن است بخش بینایی واقع در لوب پس سری مغز و یا عصب بینایی آسیب دیده باشند.

ساختارهای دیگر مغز

(۱) **تالاموس‌ها:** این ساختارها دو عدد هسته فاکستری در بخش سفید مغز هستند که به وسیله نوعی رابط به نام رابط تالاموس‌ها به هم متصل هستند. تالاموس‌ها محل پردازش اولیه و تقویت اطلاعات حسی‌اند. اغلب پیام‌های حسی در تالاموس‌ها گرد هم می‌آیند تا به بخش‌های مربوط در قشر مخ، جهت پردازش نهایی فرستاده شوند.

+ نکته: پیام‌های بویایی بدون عبور از تالاموس‌ها به بخش زیرین لوب پیشانی ارسال می‌شوند.

(۲) **هیپوتالاموس:** که در زیر تالاموس‌ها قرار دارد، دمای بدن، تعداد ضربان قلب، فشار خون، تشنگی، گرسنگی و خواب را تنظیم می‌کند.

+ علاوه بر نقش‌های فوق، هیپوتالاموس نقش‌های متعدد دیگری را هم ایفا می‌کند.

x از جمله تنظیم ساعت بیولوژیک بدن، تنظیم دوره جنسی در زنان، تنظیم کار غدد دیگر با واسطه هیپوفیز پیشین و ...

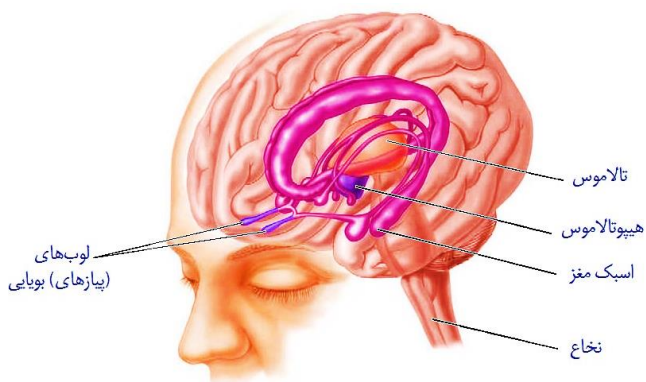
+ همان‌طور که در پایه دهم دیدیم، علاوه بر هیپوتالاموس، بصل النخاع هم در تنظیم ضربان قلب و تنظیم فشار خون نقش دارد.

+ هم‌چنین در آینده خواهیم دید علاوه بر هیپوتالاموس، غده اپی‌فیز یا پینه‌آل با ترشح هورمون ملاتونین در تنظیم خواب نیز نقش دارد.

(۳) **سامانه کناره‌ای (لیمبیک):** که با قشر مخ، تالاموس و هیپوتالاموس ارتباط دارد. سامانه کناره‌ای در حافظه و احساساتی مانند ترس، خشم و لذت نقش ایفا می‌کند (شکل ۱۶). این بخش دارای شبکه‌ای وسیع از نورون‌هاست که تالاموس‌ها و هیپوتالاموس را به قشر مخ متصل می‌کنند.

+ **اسبک مغز (هیپوکامپ):** یکی از اجزای سامانه کناره‌ای است که در تشکیل حافظه و یادگیری نقش دارد. حافظه 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 می‌مانند. البته آنان برای به یاد آوردن خاطرات مربوط به قبل از آسیب دیدگی، مشکل چندانی ندارند. پژوهشگران بر این باورند که اسبک مغز در ایجاد حافظه کوتاه‌مدت و تبدیل آن به حافظه بلندمدت نقش دارد؛ مثلاً وقتی شماره تلفنی را می‌خوانیم، یا می‌شنویم، ممکن است پس از زمان کوتاهی آن را از یاد ببریم، ولی وقتی آن را بارها به کار ببریم، در حافظه بلندمدت ذخیره می‌شود.

نکته پای: در مغز انسان، یک عدد سامانه لیمبیک و دو عدد هیپوکامپ وجود دارد!



شکل ۱۷. سامانه کناره‌ای (فقط بخش‌های بنفش رنگ)

پیاژه‌های بویایی که با رنگ آبی نمایش داده شده‌اند جز آن محسوب نمی‌شوند!

نکاتی در مورد مغز: مغز از بخش‌های اصلی و ساختارهای دیگر تشکیل شده است.

بخش‌های اصلی مغز: سه بخش اصلی عبارتند از: مخ، منته و ساقه مغز

مخ: بخش مجیم مغز را مخ تشکیل می‌دهد.

(۱) در انسان، بیشتر حجم مغز را نیمکره‌های مخ تشکیل می‌دهند.

+ این دو نیمکره با رشته‌های عصبی از جمله دو رابط سفید رنگ به هم متصل هستند: رابط پینه‌ای و رابط سه گوش یا مثالی

x علاوه بر این دو رابط، رشته‌های عصبی دیگری هم بین نیمکره‌ها وجود دارند. به عنوان مثال رابط بین تالاموس‌ها نیز وجود دارد.

(۲) نیمکره‌های مخ به طور همزمان از همه بدن، اطلاعات را دریافت و پردازش می‌کنند تا بخش‌های متلف بدن به طور هماهنگ فعالیت کنند.

+ هر نیمکره مخ کارهای اختصاصی نیز دارد:

x بخش‌هایی از نیمکره چپ به توانایی در ریاضیات و استدلال مربوط می‌شوند.

x بخش‌هایی از نیمکره راست در مهارت‌های هنری تخصص یافته‌اند.

+ بخش ثاربی نیمکره‌های مخ، سطح وسیعی را با ضخامت چند میلی‌متر در بر می‌گیرد، که آن را قشر مخ می‌گویند.

x قشر مخ از بخش فاکستری تشکیل شده است.

- این بخش از جسم سلولی نورون‌های رابط و حرکتی و رشته‌های عصبی بدون میلین تشکیل شده است.

x قشر مخ، چین‌خوردده بوده و شیارهای متعددی عمیق و سطحی دارد:

- شیارهای عمیق شامل یک شیار طولی عمیق یا شیار بین دو نیمکره، دو شیار عرضی و دو شیار جانبی یا کناری می‌باشند.

• این شیارها هر یک از نیمکره‌های مخ را به چهار لوب تقسیم می‌کنند:

• لوب‌های پس‌سری که محل پردازش نهایی پیام‌های بینایی هستند.

• لوب‌های گیجگاهی که محل پردازش نهایی پیام‌های شنوایی و بویایی هستند.

• لوب‌های آهیانه که محل پردازش نهایی پیام‌های حسی یا لمسی و محل ارسال پیام‌های حرکتی هستند.

• لوب‌های پیشانی که محل پردازش پیام‌های پیشانی هستند.

x قشر مخ جایگاه پردازش نهایی اطلاعات ورودی به مغز است که نتیجه آن یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه است.

- این بخش شامل بخش‌های حسی، حرکتی و ارتباطی است:

• بخش‌های حسی، با نورون‌های حسی در ارتباط بوده و بنابراین بیشتر از اندام‌های حسی یعنی چشم، گوش، بینی، زبان و ...

پیام‌های حسی را دریافت می‌کنند.

• بخش‌های حرکتی، با نورون‌های حرکتی در ارتباط بوده و پیام‌های حرکتی را به سوی هر سه نوع ماهیچه اسکلتی، قلبی و صاف

و نیز غده‌ها یعنی سلول‌های پوششی پروتوز و درون‌ریز می‌فرستند.

• بخش‌های ارتباطی، شامل نورون‌های رابط بوده که بین بخش‌های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کنند.

منته: در پشت ساقه مغز قرار دارد و شامل دو نیمکره و بخش رابطی به نام کریمینه در وسط این دو نیمکره است.

(۱) بر خلاف رابط‌های پینه‌ای و سه‌گوش، رابط کریمینه درست همانند مغز، دارای بخش‌های فاکستری و سفید است.

(۲) بخشی به نام درخت زندگی که در تشریح مغز مشاهده می‌شود، همان بخش سفید و مرکزی منته است.

+ همان طور که گفته شد، علاوه بر کریمینه در نیمکره‌های آن هم درخت زندگی وجود دارد.

(۳) وظیفه و عمل: منته با ایجاد انقباض نفیف و نوبتی یا تنوس ماهیچه‌های اسکلتی تنه، دست‌ها و پاها مرکز تنظیم وضعیت بدن و تعادل است.

+ این اندام از بخش‌های دیگر مغز، نخاع و اندام‌های حسی، مانند گوش‌ها، ماهیچه‌ها و مفاصل و حتی چشم‌ها! پیام را دریافت و بررسی می‌کند.

x منبه با این عمل، فعالیت ماهیچه‌ها و حرکات بدن را در حالت‌های گوناگون با کمک مغز و نخاع هماهنگ می‌کند.

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

(۱) مغز میانی

+ موقعیت: در بالای پل مغزی قرار دارد.

+ وظیفه و عمل: سلول‌های عصبی آن، در فعالیت‌های مختلف از جمله پردازش اولیه! پیام‌های بینایی، شنوایی و حرکت نقش دارند.

+ برجستگی‌های چهارگانه بخشی از مغز میانی هستند.

x دو برجستگی بالایی بزرگ‌تر از دو برجستگی پائینی هستند. این ساختارها با مراکز بینایی و شنوایی مربوط هستند.

(۲) پل مغزی

+ موقعیت: این ساختار مابین مغز میانی و بصل‌النخاع قرار گرفته و از آنها بزرگ‌تر است.

+ وظیفه و عمل: با ارسال پیام‌های حرکتی خودمختار به ماهیچه‌ها و غدد! در تنظیم فعالیت‌هایی مانند تنفس، ترشح بزاق و ترشح اشک نقش دارد.

x نقش پل مغزی در تنفس: پل مغزی در تنفس باعث مشخص نمودن زمان پایان دم! می‌شود.

- این عمل با ارسال پیام‌هایی از طریق نورون‌های رابط! به بصل‌النخاع، باعث پایان دادن به عمل دم می‌شود.

x نقش پل مغزی در ترشح بزاق: با ارسال پیام‌های حرکتی به غدد بزاقی باعث ترشح بزاق از این غدد می‌شود.

- پل مغزی از چشم و بینی هم پیام دریافت کرده (بدن غذا و بوی آن!) و باعث افزایش ترشح بزاق می‌شود.

x نقش پل مغزی در ترشح اشک: با ارسال پیام‌های حرکتی به غدد اشکی باعث ترشح اشک (ماوی نمک و لیزوزیم!) از غدد اشکی می‌شود.

(۳) بصل‌النخاع

+ موقعیت: در واقع پایین‌ترین بخش مغز است و در بالای نخاع قرار دارد.

+ وظیفه و عمل: بصل‌النخاع در تنظیم فشار خون و ضربان قلب، عطسه و سرفه و نیز در تنفس نقش دارد.

x نقش بصل‌النخاع در تنظیم فشار خون و ضربان قلب: این بخش به روش‌های مختلف در تنظیم فشار خون و ضربان قلب نقش دارد.

- یادآوری: ایجاد ضربان‌های قلب وابسته به مغز و بصل‌النخاع نیست، بلکه به سلول‌های بافت هادی قلب وابسته است.

x نقش بصل‌النخاع در انعکاس‌هایی مانند عطسه، بلع، سرفه: مرکز برفی از انعکاس‌های مغزی در بصل‌النخاع واقع شده است.

- یادآوری: عطسه و سرفه مکانیسم‌های دفاعی از خط اول دفاع بوده و به دلیل ورود ذرات خارجی به مجاری تنفسی انجام می‌شوند.

x نقش بصل‌النخاع در تنظیم تنفس: در واقع بصل‌النخاع مرکز اصلی تنظیم تنفس است.

- یادآوری (۱): این عمل با ارسال پیام‌های حرکتی به ماهیچه‌های دیافراگم و بین‌دنده‌ای خارجی برای انجام عمل دم! انجام می‌شود.

- یادآوری (۲): در دستگاه گوارش و به هنگام بلع غذا قطع لفظه‌ای تنفس به وسیله بصل‌النخاع اتفاق می‌افتد.

ساختارهای دیگر مغز: ساختارهای دیگر مغز عبارتند از: تالاموس‌ها، هیپوتالاموس، سامانه لیمبیک و ...

تالاموس‌ها: شامل دو عدد هسته خاکستری در بخش سفید مغز است که به وسیله رابط تالاموس‌ها متشکل از رشته‌های عصبی به هم متصل هستند.

(۱) وظیفه و عمل: تالاموس‌ها محل پردازش اولیه و تقویت اطلاعات حسی است.

(۲) اغلب پیام‌های حسی در تالاموس گرد هم می‌آیند تا به بخش‌های مربوط در قشر مخ، جهت پردازش نهایی فرستاده شوند.

+ پیام‌های بویایی بدون عبور از تالاموس‌ها به بخش زیرین لوب پیشانی ارسال می‌شوند.

+ پیام‌های بینایی پس از عبور از تالاموس‌ها پس از عبور از تالاموس‌ها به لوب‌های پس‌سری می‌روند.

+ پیام‌های شنوایی پس از عبور از تالاموس‌ها به لوب‌های گیجگاهی می‌روند.

+ پیام‌های چشایی پس از عبور از تالاموس‌ها به لوب‌های پیشانی می‌روند.

+ پیام‌های حسی یا لمسی نیز پس از عبور از تالاموس‌ها به لوب‌های آهیانه می‌روند.

هیپوتالاموس: در زیر تالاموس واقع شده است و کارهای مختلفی را تنظیم می‌کند.

(۱) هیپوتالاموس در تنظیم دمای بدن، تنظیم تعداد ضربان قلب، تنظیم فشار خون، تنظیم تشنگی، تنظیم کرسنگی و تنظیم خواب نقش دارد.

+ همان‌طور که می‌دانیم علاوه بر هیپوتالاموس، بصل‌النخاع هم در تنظیم ضربان قلب و تنظیم فشار خون نقش دارد.

x لازم به یادآوری است این دو بخش در افزایش یا کاهش تعداد ضربان‌ها نقش دارند نه در تولید آنها!

+ هم‌چنین علاوه بر هیپوتالاموس، غده اپی‌فیز یا پینه آل هم با ترشح هورمون ملاتونین در تنظیم خواب نقش دارد.

x توضیح برفی از موارد بالا: در ادامه برفی از نقش‌های هیپوتالاموس را بیشتر توضیح می‌دهیم.

- نقش هیپوتالاموس در تنظیم **تعداد ضربان قلب**: هیپوتالاموس و بصل النافع در **افزایش** یا **کاهش** تعداد ضربان‌های قلب مؤثر هستند.

- نقش هیپوتالاموس در تنظیم **دوره جنسی زنان**: هیپوتالاموس به صورت ساعت بیولوژیک یا **ساعت زیستی** بدن عمل نموده و به عنوان مثال در تنظیم دوره جنسی زنان که به صورت یک سیکل ۲۸ روزه تکرار می‌شود نقش **اساسی** دارد.

- نقش هیپوتالاموس در تنظیم **دمای بدن**: گیرنده‌های دما یا همان **دندریت** نورون‌های **حسی** واقع در پوست و دیواره سياهرک‌های **بزرگ** با ارسال پیام‌هایی به هیپوتالاموس باعث تنظیم دمای بدن می‌شوند.

- نقش هیپوتالاموس در **تشنگی** یا **تنظیم آب بدن**: اگر فشار اسمزی پلاسما **افزایش** یابد مرکز تشنگی در **هیپوتالاموس** تحریک و فعال شده، از **یک طرف** سبب **افزایش تمایل** به نوشیدن آب و از **طرف دیگر** با همکاری بخش پسین غده هیپوفیز، سبب ترشح هورمون **ضد ادراری** می‌شود.

• این هورمون با اثر بر **لوله‌های جمع‌کننده ادرار** در کلیه‌ها، بازجذب آب را افزایش می‌دهد و به این ترتیب دفع آب از راه ادرار **کاهش** پیدا می‌کند.

• در صورت **عدم** ترشح هورمون ضد ادراری، مقدار زیادی ادرار رقیق از بدن دفع می‌شود. چنین حالتی به **دیابت بی‌مزه** معروف است. مبتلایان به این بیماری احساس تشنگی کرده و مایعات زیادی می‌نوشند.

x هیپوتالاموس **علاوه بر** موارد ذکر شده در بالا، نقش‌های **دیگری** هم ایفا می‌کند:

- نقش هیپوتالاموس در تنظیم دمای بدن پس از **آلودگی با میکروب**: مواد حاصل از **برفی** میکروب‌ها با تأثیر بر روی هیپوتالاموس سبب **بروز تب** می‌شوند!

- نقش هیپوتالاموس روی تنظیم **کار غدد دیگر**: هیپوتالاموس هم‌چنین با ترشح هورمون‌های **آزادکننده** و **مهارکننده**، روی فعالیت بخش پیشین غده هیپوفیز مؤثر است.

• بخش پیشین هیپوفیز نیز با ترشح هورمون‌هایی روی غده تیروئید، **فوق کلیه** و **غدد جنسی** یعنی **تیمدان‌ها** و **بیضه‌ها** اثر می‌گذارد. پس می‌توان گفت هیپوتالاموس به طور **غیر مستقیم** روی فعالیت غدد دیگر هم مؤثر است.

• بخش پیشین هیپوفیز **ساقطار غده‌ای** داشته و جز دستگاه عصبی محسوب نمی‌شود.

• بخش پسین هیپوفیز از اجتماع پایانه‌های آکسونی تعدادی از نورون‌های هیپوتالاموس تشکیل شده است، به همین خاطر آن را **نوروهیپوفیز** می‌گویند.

• بنابراین هیپوفیز پیشین جز دستگاه درون‌ریز و **ساقطار پوششی**! دارد، درحالی که بخش پسین آن **ساقطار عصبی** دارد.

- نقش هیپوتالاموس به عنوان **یک غده درون‌ریز**: این غده با همکاری بخش پسین غده هیپوفیز، در تولید **اکسی‌توسین** نقش دارد.

• این هورمون با تأثیر بر روی ماهیچه‌های **صاف** دیواره **رحم** و **پستان‌ها** سبب **تسهیل زایمان** و **فروج شیر** از پستان‌ها می‌شود.

• همان‌طور که می‌دانیم هیپوتالاموس با همکاری بخش پسین غده هیپوفیز، سبب ترشح هورمون **ضد ادراری** نیز می‌شود.

سامانه لیمبیک: این سامانه از طریق نورون‌های رابط از **یک طرف** با قشر مخ، و از **طرف دیگر** به طور جداگانه! هم با تالاموس و هم با هیپوتالاموس ارتباط دارد.

(۱) **وظیفه و عمل**: سامانه لیمبیک با کناره‌ای در **ناقله** و احساساتی مانند **ترس**، **خشم** و **لذت** نقش ایفا می‌کند.

(۲) **پیازهای بویایی** با این سامانه در **ارتباط** بوده ولی جزء آن محسوب نمی‌شوند!

(۳) **بخش اصلی** سامانه لیمبیک، **دو عدد هیپوکامپ** (مشابه اسب دریایی وارونه!) هستند.

+ **هیپوکامپ**: یکی از اجزای سامانه لیمبیک است که در تشکیل **ناقله** و **یادگیری** نقش دارد.

x این بخش در ایجاد **ناقله کوتاه‌مدت** و **تبدیل** آن به **ناقله بلندمدت** نقش دارد.

- به عبارت دیگر **ناقله کوتاه‌مدت** و **بلندمدت** قابل مقایسه با **ناقله‌های RAM و HARD** در کامپیوتر هستند. ☺☺

- لازم به ذکر است مرکز **یادگیری** یا **ناقله بلندمدت** **قشر مخ** است!

اعتیاد: اعتیاد وابستگی به مصرف یک **ماده**، یا انجام یک **رفتار** است که ترک آن مشکلات **جسمی** و **روانی** برای فرد به وجود می‌آورد.

+ **اعتیاد رفتاری**: وابستگی به اینترنت یا بازی‌های رایانه‌ای نیز نمونه‌ای از اعتیادهای رفتاری‌اند.

+ **مواد اعتیادآور**: مواد گوناگون مانند **الکل**، **کوکائین**، **نیکوئین**، **هروئین**، **مورفین** و حتی **کافئین** قهوه اعتیادآورند.

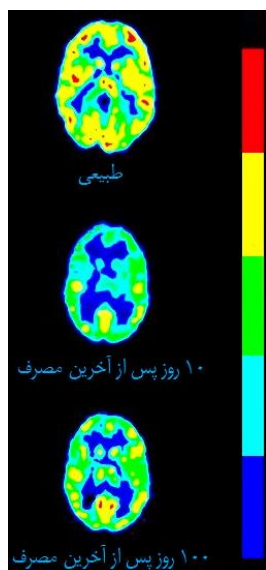
اعتیاد نه فقط سلامت **جسمی** و **روانی** فرد مصرف کننده، بلکه سلامت **خانواده** او و نیز افراد **دیگر** اجتماع را به خطر می‌اندازد.

مواد اعتیادآور و مغز: **نخستین** تصمیم برای مصرف مواد اعتیادآور در **اغلب** افراد **اختیاری** است، اما استفاده **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.

+ تأثیر اعتیاد بر روی سامانه لیمبیک: مواد اعتیادآور بر سامانه 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 ادامه 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، ماده اعتیادآور بیشتری مصرف کند.



+ تأثیر اعتیاد بر روی قشر مخ: 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 ۱۸ اثر یک ماده اعتیادآور (کوکائین) بر فعالیت مغز را با بررسی مصرف گلوکز در آن نشان می‌دهد.

شکل ۱۸- تصویرها مصرف گلوکز را در مغز فرد سالم و فرد مصرف‌کننده کوکائین نشان می‌دهند. رنگ‌های آبی تیره و روشن مصرف کم گلوکز و رنگ زرد و قرمز مصرف زیاد آن را نشان می‌دهند. توجه کنید بهبود فعالیت مغز به زمان طولانی نیاز دارد؛ بخش پیشین مغز که محل پردازش پیام‌های بویایی است، بهبود کمتری را نشان می‌دهد. در حالی که بخش پسین مغز یا لوب پس‌سری که محل پردازش پیام‌های بینایی است، بهبود بیشتری را نشان می‌دهد.

اعتیاد به الکل: مقدار الکل (اتانول) در نوشیدنی‌های الکلی متفاوت است؛ حتی مصرف کمترین مقدار الکل، بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

+ الکل در دستگاه گوارش به سرعت جذب می‌شود.

+ الکل از غشای یاخسته‌های عصبی بخش‌های مختلف مغز عبور و فعالیت‌های آنها را مختل می‌کند.

+ الکل علاوه بر دوپامین، بر فعالیت انواعی از ناقل‌های عصبی تحریک‌کننده و بازدارنده تأثیر می‌گذارد؛ و عامل کاهش دهنده فعالیت‌های بدنی، ایجاد ناهماهنگی در حرکات بدن و اختلال در گفتار است.

+ الکل فعالیت مغز را کند می‌کند و در نتیجه زمان واکنش فرد به محرک‌های محیطی افزایش پیدا می‌کند. مشکلات کبدی، سکت قلبی و انواع سرطان از پیامدهای مصرف بلندمدت الکل است.

فعالیت ۶

دربارۀ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر اطلاعاتی را جمع‌آوری کرده و به کلاس ارائه کنید.

استفاده از قلیان به اندازه سیگار خطرناک نیست. نادرست، چون تنباکوی موجود در قلیان هم دارای مواد سمی و سرطان‌زا است.
فرد با یک بار مصرف ماده اعتیادآور، معتاد نمی‌شود. نادرست، چون برخی مواد اعتیادآور وابستگی شدید و سریع ایجاد می‌کنند.
مصرف تنباکو با سرطان دهان، حنجره و شش ارتباط مستقیم دارد. درست، دود حاصل از آن دارای مواد جهش‌زا و سرطان‌زا است.
مصرف مواد اعتیادآوری که از گیاهان به دست می‌آیند، خطر چندانی ندارد. نادرست (غالب مواد اعتیادآور و مضر گیاهی هستند).

نکاتی در مورد اعتیاد

(۱) تعریف اعتیاد: وابستگی به مصرف یک ماده، یا انجام یک رفتار است که ترک آن مشکلات جسمی و روانی فرد به وجود می‌آورد.

(۲) انواع اعتیاد: اعتیاد دو نوع است. اعتیاد رفتاری و اعتیاد به مواد شیمیایی خاص

+ اعتیاد رفتاری: مانند وابستگی به اینترنت یا وابستگی به بازی‌های کامپیوتری

+ اعتیاد به مواد شیمیایی خاص: مانند اعتیاد به الکل، کوکائین، نیکوتین، هروئین، مورفین و کافئین

(۳) مواد مخدر و الکل موجب آزاد شدن ناقل‌های عصبی از جمله دوپامین می‌شوند.

+ این ناقل در فرد احساس لذت و سرخوشی ایجاد می‌کند.

(۴) مواد اعتیادآور: الکل، کوکائین، نیکوتین، هروئین، مورفین و متی کافئین موجود در قهوه از مواد اعتیادآور هستند.

(۵) الکل علاوه بر دوپامین، بر فعالیت انواعی از ناقل‌های عصبی تحریک‌کننده و بازدارنده تأثیر می‌گذارد.

+ نوشیدن الکل عامل کاهش دهنده فعالیت‌های بدنی، ایجاد ناهماهنگی در حرکات بدن و اختلال در گفتار است.

(۶) در فرد مصرف‌کننده کوکائین، بهبود فعالیت مغز به زمان طولانی نیاز دارد:

+ بخش پیشین مغز یا لوب پیشانی که محل پردازش پیام‌های بویایی است، بهبود کمتری را نشان می‌دهد.

+ بخش پسین مغز یا لوب پس‌سری که محل پردازش پیام‌های بینایی است، بهبود بیشتری را نشان می‌دهد.

مواد و وسایل لازم: مغز سالم گوسفند (یا گوساله)، وسایل تشریح، دستکش

با کمک معلم مغز را برای تشریح آماده کنید. برای آماده کردن مغز می‌بایست کاری کنیم که بافت‌های بسیار نرم مغز کمی سفت شوند تا در ضمن تشریح راحت‌تر مطالعه شوند. برای این کار یا آن را چند دقیقه در آب جوش قرار می‌دهیم و یا از فیکساتورها (ثبت‌کننده‌ها) استفاده می‌کنیم.

۱- بررسی بخش‌های خارجی مغز

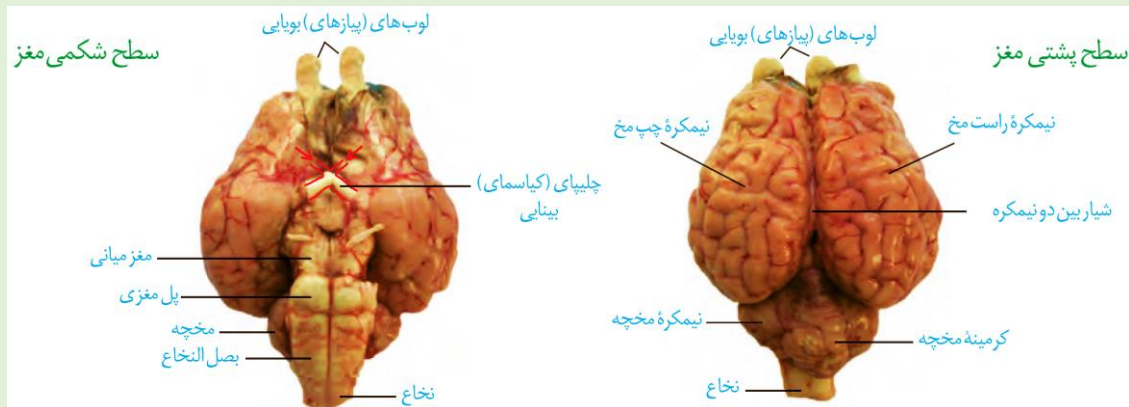
الف) مشاهده سطح پشتی: مغز را مانند شکل در ظرف تشریح قرار دهید. روی مغز بقایای پرده مننژ وجود دارد. آنها را جدا کنید تا شیارهای مغز (شیار طولی یا شیار بین دو نیمکره، شیارهای عرضی و شیارهای جانبی) بهتر دیده شوند.

کدام بخش‌های مغز را با مشاهده سطح پشتی آن می‌توانید ببینید؟ **پیارهای بویایی**، نیمکره‌های راست و چپ مخ و منته، رابط کریمینه و شیار طولی. **نکته مهم:** در سطح پشتی مغز انسان فقط نیمکره‌های مخ مشاهده می‌شوند!

ب) مشاهده سطح شکمی: مغز را برگردانید، باقیمانده مننژ را به آرامی جدا کنید و بخش‌های مغز را در این سطح مشاهده کنید.

در این سطح نیز پیازهای بویایی، کیاسمای بینایی، مغز میانی، پل مغزی، منته و بصل النخاع قابل مشاهده هستند.

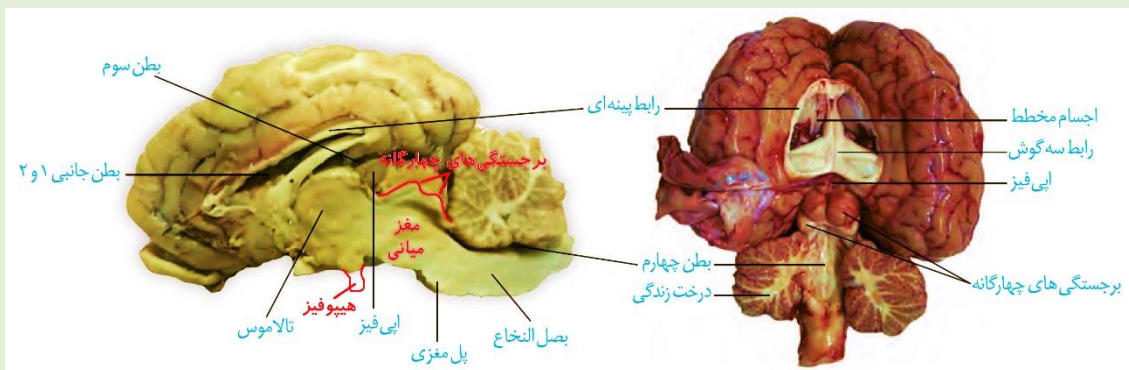
کیاسمای بینایی متلی است که بخشی از اعصاب فروچی از دو چشم در آنجا به نیمکره مقابل می‌روند!



۲- مشاهده 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 یا شیار طولی از یکدیگر فاصله دهید و بقایای پرده‌های مننژ را از بین دو نیمکره خارج کنید تا نوار سفیدرنگ رابط پینه‌ای را ببینید. در شیار طولی یا شیار بین دو نیمکره، هر سه لایه مننژ می‌توانند وجود داشته باشند!

در حالی که نیمکره‌های مخ از هم فاصله دارند، با نوک چاقوی جراحی، در جلوی رابط پینه‌ای، برش کم عمقی ایجاد کنید و به آرامی فاصله نیمکره‌ها را بیشتر کنید تا رابط سه گوش را در زیر رابط پینه‌ای مشاهده کنید.

در دو طرف این رابط‌ها، فضای **بطن‌های ۱ و ۲ مغز** و داخل آنها، اجسام مخطط قرار دارند. شبکه‌های مویرگی که مایع مغزی - نخاعی (ما منشاء پلاسما) را ترشح می‌کنند نیز درون این بطن‌ها دیده می‌شوند.



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

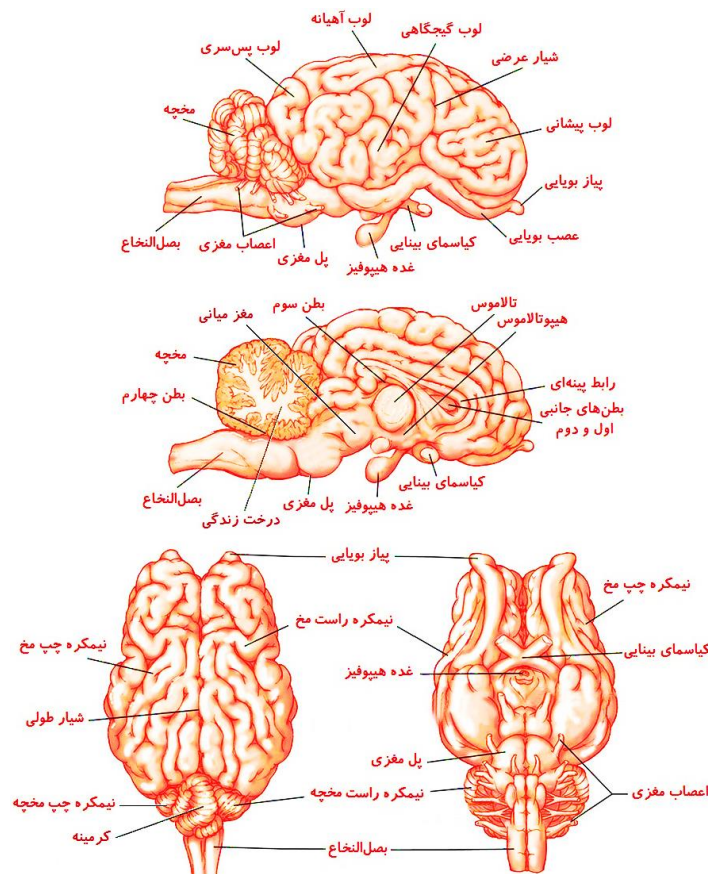
در عقب تالاموس‌ها، بخشی از **بطن سوم** و در لبه پایین این قسمت از بطن، **ایفی فیز** را ببینید. در عقب ایفی فیز **برجستگی‌های چهارگانه** قرار دارند.

در مرحله بعدی **کریمینه مخچه** را در امتداد شیار بین دو نیمکره برش دهید تا **درخت زندگی** (بشن سفید) و **بطن چهارم** مغز را ببینید. بخش سفید یعنی درخت زندگی هم در کریمینه مشاهده می‌شود و هم در نیمکره‌های منته.

نکته پالشی: رابط کریمینه بر خلاف رابط‌های مغز یعنی رابط پینه‌ای، رابط سه گوش و رابط بین تالاموس‌ها دارای بخش فاکستری نیز است!

نکاتی در مورد تشریح مغز: در تشریح مغز، بخش‌های درونی به صورت زیر قابل مشاهده هستند.

- (۱) در سطح پشتی بین دو نیمکره از محل شیار طولی، نوار سفیدرنگ رابط پینه‌ای قابل مشاهده است.
+ در شیار طولی، هر سه لایه منته می‌توانند وجود داشته باشند!
- (۲) در زیر رابط پینه‌ای و پائین‌تر از بطن‌های جانبی اول و دوم رابط سه‌گوش قابل مشاهده است.
- (۳) در حد فاصل بین این دو رابط، فضای بطن‌های اول و دوم مغز قابل مشاهده است.
+ در داخل بطن‌های اول و دوم، اجسام منقط قرار دارند.
- + شبکه‌های مویرگی که مایع مغزی - نخاعی (یا منشأ پلاسما) را ترشح می‌کنند نیز درون این بطن‌ها دیده می‌شوند.
- (۴) در زیر رابط سه‌گوش، تالاموس‌ها قابل مشاهده هستند.
+ دو تالاموس با یک رابط سفیدرنگ! به هم متصل هستند و با کمترین فشار از هم جدا می‌شوند.
- (۵) در عقب تالاموس‌ها، بخشی از بطن سوم قابل مشاهده است.
- (۶) در لبه پایین این قسمت از بطن سوم، اپی‌فیز قابل مشاهده است.
- (۷) در عقب اپی‌فیز برجستگی‌های چهارگانه قرار دارند.
- (۸) درخت زندگی (بخش سفید) در برش کرینه و نیمکره‌های منته قابل مشاهده است.
- (۹) در حد فاصل بین منته و پل مغزی بطن چهارم قابل مشاهده است.



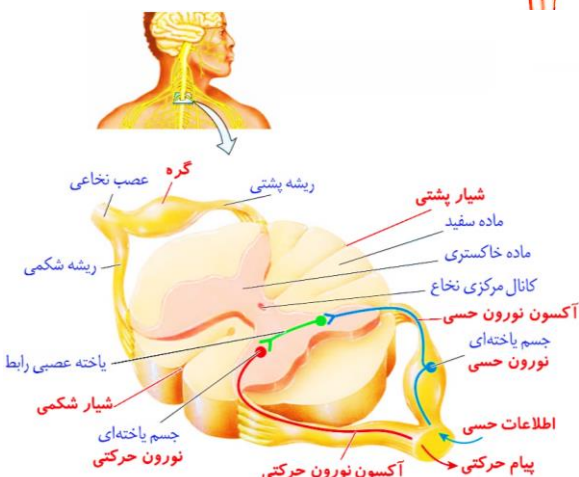
نخاع: نخاع درون ستون مهره‌ها از بصل النخاع تا دومین مهره کمر کشیده شده

است. نخاع، کارهای مختلفی انجام می‌دهد: (۱) مغز را به دستگاه عصبی محیطی متصل می‌کند و (۲) مسیر عبور پیام‌های حسی از اندام‌های بدن به مغز است و (۳) مسیر ارسال پیام‌های حرکتی از مغز به اندام‌هاست. علاوه بر آن، نخاع (۴) مرکز برخی از انعکاس‌های بدن است.

نخاع دارای ۳۱ جفت عصب است. هر عصب نخاعی دو ریشه دارد (شکل ۱۹).

ریشه پشتی، اطلاعات حسی را به نخاع وارد و ریشه شکمی پیام‌های حرکتی را از نخاع خارج می‌کند.

شکل ۱۹- عصب نخاعی



+ **ریشه پشتی** عصب نخاعی **حسی** و دارای **کره** است. در این کره، جسم سلولی نورون‌های **حسی** که از گیرنده‌ها اطلاعات حسی را می‌آورند، واقع شده است.

+ **ریشه شکمی** آن **حرکتی** است. بر خلاف ریشه پشتی، در ریشه شکمی **فقط** رشته‌های عصبی یا **آکسون** نورون‌های حرکتی که پیام‌ها را به سوی ماهیچه‌ها و غدد می‌برند، قرار دارند.

نکاتی در مورد نخاع

(۱) نخاع درون فضای دافلی **ستون مهره‌ها** از بصل‌النخاع تا **دومین** مهره کمر کشیده شده است.

+ بنابراین در بخش **پائینی** ستون مهره‌ها عصب وجود دارد **نه** نخاع!

(۲) **وظایف** نخاع عبارتند از:

+ مغز را به دستگاه عصبی محیطی **متصل** می‌کند.

+ **مسیر** عبور پیام‌های حسی و حرکتی از اندام‌های بدن **به جز** سر و صورت! به مغز است.

+ مرکز **برفی** از انعکاس‌های بدن است.

نکاتی در مورد انعکاس

(۱) **تعریف** انعکاس: انعکاس پاسخ سریع و غیرارادی **ماهیچه‌های اسکلتی** در پاسخ به محرک‌های **بیرونی** و **درونی** است.

(۲) **انجام** انعکاس: در وقوع هر انعکاس **دو** مرحله وجود دارد.

+ مرحله **اول**: ابتدا یک **محرک** بیرونی و درونی با تحریک گیرنده‌های **خاصی** باعث ارسال پیام‌های **حسی** به سمت مغز یا نخاع می‌شود.

+ مرحله **دوم**: سپس مغز یا نخاع با ارسال پیام‌های **حرکتی** به ماهیچه‌ها باعث انقباض سریع آنها می‌شوند تا **پاسخ** مناسب به محرک داده شود.

(۳) **انواع** انعکاس: انعکاس‌ها **دو** نوع هستند.

+ انعکاس‌های **نخاعی** مانند انعکاس عقب کشیدن دست

+ انعکاس‌های **مغزی** مانند انعکاس عطسه، سرفه و بلع که مرکز آنها در بصل‌النخاع قرار دارد.

(۴) **نکته مهم**: در کتاب‌های قدیمی‌تر دفع ادرار و دفع مدفوع و ... را که پاسخ ماهیچه‌های **صاف** به محرک‌های درونی بودند **هم** انعکاس محسوب می‌شدند.

+ در کتاب‌های جدید آنها را «**سازوکار**» نامیده‌اند! بنابراین بر اساس کتاب جدید، انعکاس **فقط** در مورد **ماهیچه‌های اسکلتی** به کار می‌رود!

نکاتی در مورد عصب

(۱) **تعریف** عصب: **مجموعه‌ای** از رشته‌های عصبی یعنی دندریت‌های بلند و آکسون‌ها که درون لایه‌ای از بافت **پیوندی** واقع هستند، عصب نامیده می‌شود.

(۲) ویژگی‌های **عصب**: اعصاب در محل‌های **خاصی** وجود داشته و ویژگی‌هایی دارند.

+ اعصاب **فقط** در دستگاه عصبی محیطی وجود دارند.

+ هیچ‌گاه در درون مغز و نخاع عصب وجود ندارد!

+ هیچ‌گاه در درون عصب، جسم سلولی نورون‌ها دیده نمی‌شود.

(۳) **اجزای** عصب: درون عصب اجزا و بخش‌های زیر وجود دارند.

+ رشته‌های عصبی همواره **میلین‌دار** هستند.

+ سلول **نورولیا** و **کره** رانویه وجود دارد.

+ رگ‌های خونی شامل **سرخرگ**، **مویرگ** و **سیاهرگ** وجود دارد.

(۴) اعصاب **اصلی** بدن: در مجموع بدن انسان دارای **۸۶ عدد** یا **۱۴۳ جفت** عصب اصلی است.

+ **۱۴ عدد** یعنی **۱۲ جفت** از آنها به **مغز** متصل هستند. + **۲۶ عدد** دیگر یعنی **۱۳ جفت** از آنها به **نخاع** متصل هستند.

انواع عصب از لحاظ رشته‌های عصبی: نورون‌ها **سه** نوع هستند: **حسی**، **رابط** و حرکتی! اعصاب **هم سه** نوع هستند: **حسی**، **متنقل** و حرکتی!

از لحاظ رشته‌های عصبی، اعصاب **سه** نوع هستند:

(۱) **عصب حسی**: درون آنها **فقط** رشته‌های **حسی** میلین‌دار (دندریت یا آکسون) وجود دارد

+ این اعصاب اطلاعات **حسی** را از گیرنده‌ها به مراکز عصبی یعنی مغز و نخاع می‌آورند.

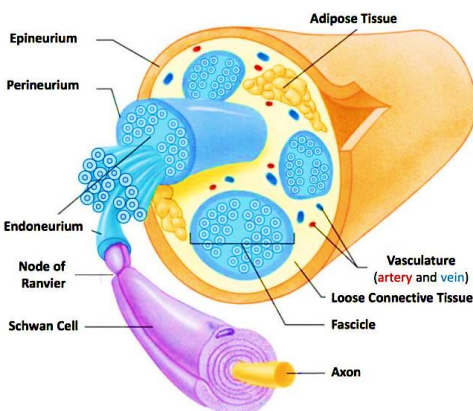
+ اعصابی که از اندام‌های **حس** مانند چشم و گوش و ... اطلاعات حسی را به مغز می‌آورند، حسی هستند.

(۲) **عصب متنقل**: درون آنها **هر دو** نوع رشته **حسی** و **حرکتی** وجود داشته و جهت حرکت پیام‌ها در درون آنها **دوطرفه** است.

+ بدیهی است در هر رشته عصبی درون عصب به دلیل موقعیت قرارگیری سیناپس‌ها جهت جریان الکتریکی همواره **یک‌طرفه** است!

+ همه اعصاب **نخاعی** و **برفی** از اعصاب مغزی متنقل هستند.

(۳) **عصب حرکتی**: درون آنها **فقط** رشته‌های **حرکتی** میلین‌دار (آکسون) وجود دارد.



- + این اعصاب پیام‌های حرکتی را از مراکز عصبی یعنی مغز به سوی ماهیچه‌ها و غدد می‌برند.
- + اعصاب پیکری و خودمختار (سمپاتیک و پاراسمپاتیک) که پیام‌ها را از مغز به ماهیچه‌های منط، قلبی و صاف و غدد می‌برند، حرکتی هستند.

نکاتی در مورد اعصاب نخاعی

اعصاب نخاعی: نخاع دارای ۳۱ جفت عصب مختلط است. هر عصب نخاعی دو ریشه دارد.

۵) ریشه پشتی: ریشه پشتی عصب نخاعی حسی و دارای کره است.

+ در این کره‌ها جسم سلولی نورون‌های حسی که از گیرنده‌ها اطلاعات حسی را می‌آورند، واقع شده است.

۶) ریشه شکمی: ریشه شکمی عصب نخاعی حرکتی است.

+ بر خلاف ریشه پشتی، در ریشه شکمی فقط رشته‌های عصبی یا آکسون نورون‌های حرکتی که پیام‌ها را به سوی ماهیچه‌ها و غدد می‌برند، قرار دارند.

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 یعنی چشم، گوش و ... و نیز ماهیچه‌های صاف، قلبی و اسکلتی مرتبط می‌کنند.

هر عصب مجموعه‌ای از رشته‌های عصبی است که درون بافت پیوندی قرار گرفته‌اند. (ویژگی‌ها و توضیح تکمیلی عصب در قسمت قبلی آمده است).

دستگاه عصبی محیطی شامل دو بخش حسی و حرکتی است.

+ بخش حسی دستگاه عصبی محیطی: با بخش حسی این دستگاه در فصل بعد آشنا خواهید شد.

این بخش اطلاعات دریافت شده به وسیله گیرنده‌های مختلف موجود در اندام‌های حس یعنی چشم، گوش، بینی، زبان، و تقریباً همه بخش‌های درونی و بیرونی بدن را به مغز و تا حدودی به نخاع می‌آورد. مغز و نخاع هم پاسخ مناسب را توسط بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی به سوی ماهیچه‌ها و غدد ارسال می‌کنند.

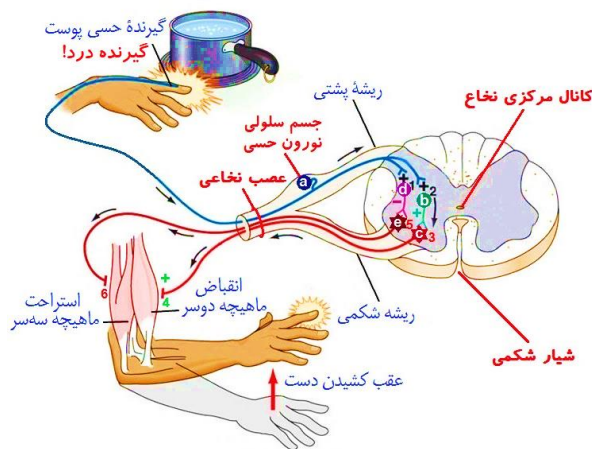
+ بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی: همان طور که گفته شد، بخش حرکتی این دستگاه پیام عصبی را به اندام‌های اجرا کننده مانند ماهیچه‌ها می‌رساند.

بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی، خود شامل دو بخش پیکری و خودمختار است.

x بخش پیکری: این بخش پیام‌های عصبی را فقط به ماهیچه‌های اسکلتی

می‌رساند. فعالیت این ماهیچه‌ها به شکل ارادی و غیر ارادی تنظیم می‌شود. به عنوان مثال 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 غیر ارادی ماهیچه‌های اسکلتی! در پاسخ به محرک‌هاست. همان طور که در شکل ۲۰ می‌بینید، دست فرد با برخورد به جسم داغ، به عقب کشیده می‌شود. مرکز تنظیم این انعکاس نخاع است.

شکل ۲۰. انعکاس عقب کشیدن دست. در این انعکاس پنج نورون، در شش محل سیناپس داده‌اند.



با استفاده از شکل ۲۰ به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

فعالیت ۸

۱- پس از احساس درد، چه رویدادهایی رخ می‌دهد تا فرد دست خود را عقب بکشد؟ نورون حسی a پیام را به نخاع می‌برد. نورون رابط b با تحریک نورون حرکتی c باعث انقباض ماهیچه جلوی بازو یا دو سر و نورون رابط d با تحریک نورون حرکتی e دیگر باعث استراحت ماهیچه پشت بازو یا سه سر می‌شود.

۲- در مسیر عقب کشیدن دست، کدام سیناپس‌ها تحریک کننده و کدام مهار کننده هستند؟

+ سیناپس‌های تحریک کننده: سیناپس‌های ۱، ۲ و ۳ تحریک کننده هستند.

x سیناپس‌های ۱ و ۲ بین نورون حسی و نورون‌های رابط b و d

x سیناپس ۳ بین نورون رابط b و نورون حرکتی c متصل به ماهیچه دو سر

x سیناپس ۴ بین نورون حرکتی c و ماهیچه سه سر

+ سیناپس مهار کننده: سیناپس ۵ مهار کننده است.

x بین نورون رابط d و نورون حرکتی e متصل به ماهیچه سه سر

+ سیناپس غیر فعال: سیناپس ۶ غیر فعال است.

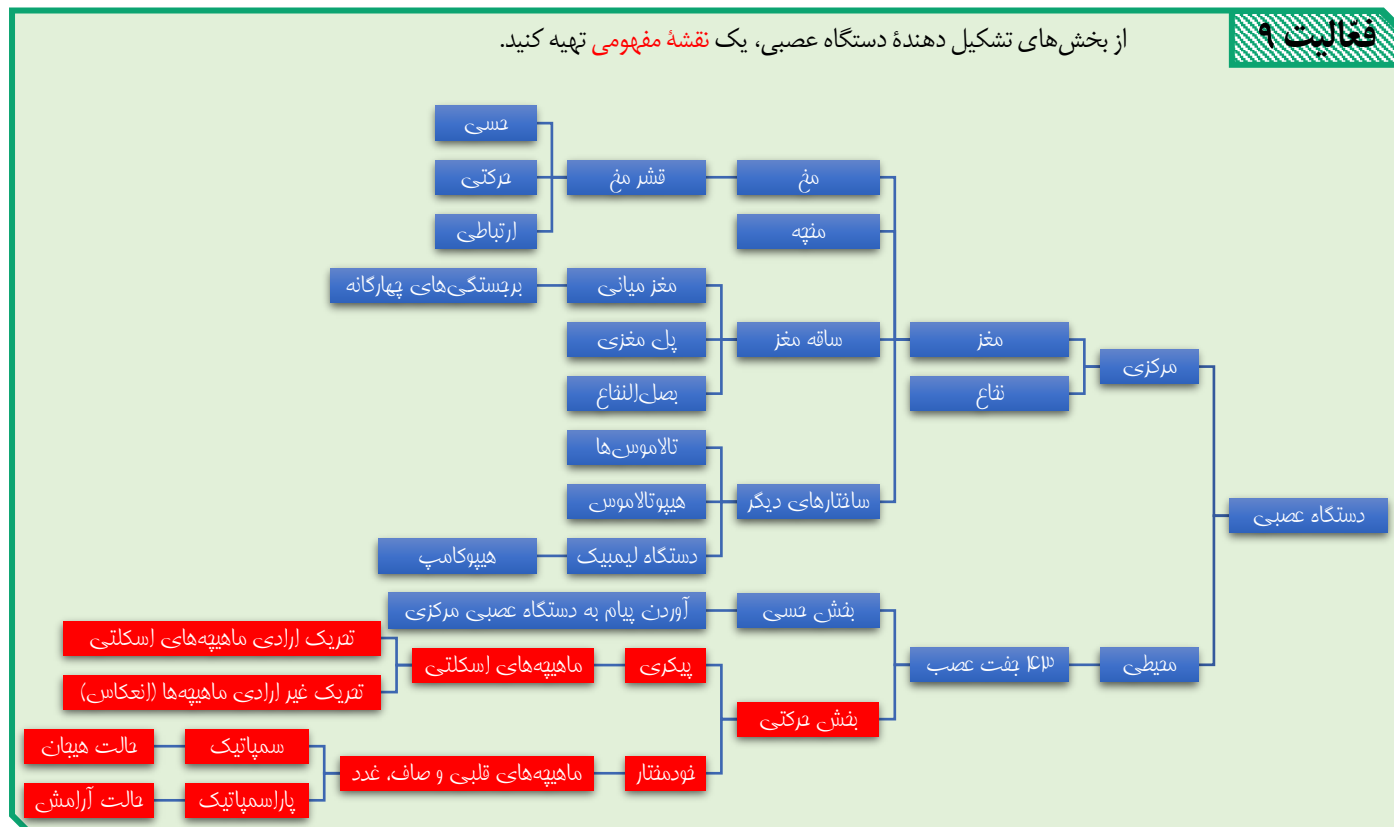
x بین نورون حرکتی e و ماهیچه سه سر

x **بخش خودمختار:** بخش خودمختار دستگاه عصبی محیطی، کار ماهیچه‌های **صاف**، ماهیچه **قلب** و **غده‌های** **برون‌ریز و درون‌ریز** را به صورت ناآگاهانه تنظیم می‌کند و یکی از بخش‌های آن: **همیشه** فعال است.

این دستگاه از دو بخش **هم‌حس (سمپاتیک)** و **پادهم‌حس (پاراسمپاتیک)** تشکیل شده است که معمولاً بر خلاف یکدیگر کار می‌کنند تا فعالیت‌های حیاتی بدن را در شرایط مختلف مانند **نالت آرامش** و **نالت هیجان** تنظیم کنند.

- **بخش پاراسمپاتیک:** فعالیت بخش پاراسمپاتیک یا پادهم‌حس باعث برقراری حالت **آرامش** در بدن می‌شود. در این حالت، فشار خون **کاهش** یافته، ضربان قلب **کم** می‌شود.

- **بخش سمپاتیک:** بخش سمپاتیک یا هم‌حس هنگام **هیجان** بر بخش پادهم‌حس **غلبه** دارد و بدن را در حالت **آماده‌باش** نگه می‌دارد. ممکن است این حالت را هنگام شرکت در **مسابقه ورزشی** تجربه کرده باشید. در این وضعیت، بخش هم‌حس سبب **افزایش فشار خون**، **افزایش ضربان قلب** و **افزایش تعداد تنفس** می‌شود و هم‌پنین جریان خون را به سوی **قلب** و ماهیچه‌های اسکلتی هدایت می‌کند.



نکاتی در مورد دستگاه عصبی محیطی

(۱) **تعریف** دستگاه عصبی محیطی: بخشی از دستگاه عصبی که مغز و تقاع را به بخش‌های دیگر **مرتبط** می‌کند. دستگاه عصبی محیطی نام دارد.

(۲) **اجزای** دستگاه عصبی محیطی: اجزای دستگاه عصبی محیطی شامل **۱۲ جفت عصب مغزی** و **۳۱ جفت عصب تقاعی** هستند.

(۳) **بخش‌های** دستگاه عصبی محیطی: دستگاه عصبی محیطی شامل **دو** بخش حسی و حرکتی است.

+ **بخش حسی:** اطلاعات دریافت شده به وسیله گیرنده‌های مختلف موجود در **اندام‌های حس** و دیگر بخش‌های بدن را به مغز و تقاع می‌برد.
 x مغز و تقاع هم پاسخ مناسب را توسط بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی به سوی ماهیچه‌ها و غدد ارسال می‌کنند.

+ **بخش حرکتی:** پیام عصبی را به اندام‌های اجرا کننده مانند ماهیچه‌ها می‌رساند.

x بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی، خود شامل دو بخش پیکری و خودمختار است.

- **بخش پیکری:** این بخش پیام‌های عصبی را فقط! به ماهیچه‌های اسکلتی می‌رساند که فعالیت آنها به شکل ارادی و غیرارادی تنظیم می‌شود.

* **بخش ارادی:** در این حالت سلول‌های عصبی بخش پیکری، دستور ارادی مغز را به ماهیچه‌های دست می‌رسانند.

* **بخش غیر ارادی:** تحت تأثیر دستورهای مغز و تقاع، فعالیت ماهیچه‌های اسکلتی به شکل انعکاسی نیز تنظیم می‌شود.

* **مراحل انعکاس** عقب کشیدن دست:

① گیرنده‌های حسی درد در پوست تفریک می‌شوند.

② نورون حسی a پیام را به تقاع می‌برد.

③ نورون **رابط b** با تحریک نورون حرکتی **c** باعث **انقباض** ماهیچه جلوی بازو یا دو سر می‌شود.

④ نورون **رابط d** با تحریک نورون حرکتی **e** دیگر باعث **استراحت** ماهیچه پشت بازو یا سه سر می‌شود.

⑤ در این انعکاس در **شش** محل، سیناپس وجود دارند:

⊕ سیناپس‌های **a**، **b**، **۳** و **۴** **تحریک کننده** هستند:

♦ سیناپس‌های **a** و **b** بین نورون **حسی** و نورون‌های **رابط d** و **b**

♦ سیناپس **۳** بین نورون **رابط b** و نورون **حرکتی c** متصل به ماهیچه **دو سر**

♦ سیناپس **۴** بین نورون **حرکتی c** و ماهیچه **دو سر**

نکته: در سلول پس‌سیناپسی سیناپس‌های **a**، **b**، **۳** و **۴** **هم** تغییر پتانسیل داریم و **هم** ایجاد پتانسیل عمل

⊕ سیناپس **۵** **مهارکننده** است:

♦ بین نورون **رابط d** و نورون **حرکتی e** متصل به ماهیچه **سه سر**

نکته: در سلول پس‌سیناپسی این سیناپس تغییر پتانسیل الکتریکی داریم ولی ایجاد پتانسیل عمل نداریم.

⊕ سیناپس **۶** **غیر فعال** است:

♦ بین نورون **حرکتی e** و ماهیچه **سه سر**

نکته: در سلول پس‌سیناپسی این سیناپس تغییر پتانسیل الکتریکی نداریم.

- **بخش خودمختار** شامل اعصاب **سمپاتیک** و **پاراسمپاتیک** است که کار ماهیچه‌های **صاف**، **قلبی** و **غدد** را به صورت ناآگاهانه تنظیم می‌کند.

⊗ **بخش پاراسمپاتیک:** باعث برقراری حالت **آرامش** در بدن می‌شود.

⊗ **برفی** از تأثیرات اعصاب پاراسمپاتیک در زیر آمده‌اند:

① **کاهش** فشار خون

② **کاهش** تعداد ضربان‌های قلب

③ **افزایش** فعالیت‌های لوله گوارش به ویژه روده‌ها و معده

④ **انقباض** ماهیچه‌های صاف **مقلوی** موجود در عنبیه و **تنگ شدن** مردمک چشم

⊗ **بخش سمپاتیک:** هنگام **هیجان** بر بخش پاراسمپاتیک غلبه دارد و بدن را در حالت **آماده‌باش** نگه می‌دارد.

⊗ **برفی** از تأثیرات اعصاب سمپاتیک در زیر آمده‌اند:

① **افزایش** فشار خون

② **افزایش** تعداد ضربان‌های قلب با اثر بر روی کره پیشاهنگ

③ **افزایش** تعداد تنفس با اثر بر روی ماهیچه‌های صاف موجود نایزک‌ها

④ **کاهش** فعالیت‌های لوله گوارش به ویژه روده‌ها و معده

⑤ **انقباض** ماهیچه‌های صاف **شعاعی** موجود در عنبیه و **گشاد شدن** مردمک چشم

⊗ **نکات جالب** در مورد اعصاب خودمختار:

⊗ در همه حالات بدن، **همواره** یکی از قسمت‌های بخش خودمختار **فعال** است.

⊗ اعصاب خودمختار معمولاً بر خلاف یکدیگر کار می‌کنند تا فعالیت‌های حیاتی بدن را در حالت **آرامش** و **هیجان** تنظیم کنند.

⊗ **گاهی** اوقات این دو بخش بر خلاف همدیگر کار نمی‌کنند. مثل تأثیر آنها روی ماهیچه‌های عنبیه که در فصل بعد می‌توانید!

دستگاه عصبی جانوران

انواعی از دستگاه‌های عصبی در جانوران مختلف وجود دارد:

(۱) **شبکه عصبی:** ساده‌ترین ساختار عصبی، **شبکه عصبی** در **هیدر** است. شبکه عصبی مجموعه‌ای از **یاخته‌های عصبی** پراکنده در دیواره بدن **هیدر**

است که با هم **ارتباط** دارند. تحریک **هر نقطه** از بدن جانور در **همه سطح** آن منتشر می‌شود. شبکه عصبی، **یاخته‌های ماهیچه‌ای** بدن را

تحریک می‌کند. در **هیدر** هیچ‌گاه بخش مرکزی و محیطی، **کره عصبی**، **عصب** و ... وجود ندارد!

(۲) **ساختار نردبان مانند:** در **پلاناریا**، **دو کره عصبی** غیر **بوش فوره** در **سر** جانور، **مغز** را تشکیل داده‌اند. هر **کره** مجموعه‌ای از **جسم یاخته‌های عصبی**

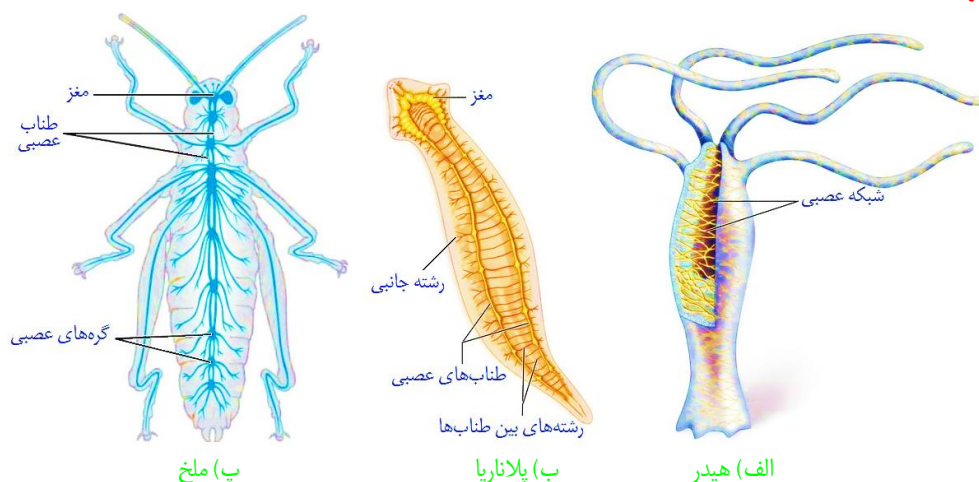
است. **دو طناب** عصبی متصل به مغز که در **طول بدن** جانور کشیده شده‌اند، با رشته‌هایی به هم متصل‌اند و **ساختار نردبان مانند**ی را ایجاد

می‌کنند. این مجموعه **یعنی مغز و دو طناب عصبی متصل به آن**، بخش **مرکزی** دستگاه عصبی جانور است. رشته‌های **جانبی** متصل به آن نیز،

بخش **محیطی** دستگاه عصبی را تشکیل می‌دهند.

(۱۳) طناب عصبی شکمی: 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 گره فعالیت ماهیچه‌های آن بند را تنظیم می‌کند (شکل ۲۱).

(۱۴) طناب عصبی پشتی: در مهره‌داران **طناب عصبی** به صورت **پشتی** یا همان **نقاع قابل مشاهده** است و بخش جلویی آن **برجسته** شده و **مغز** را تشکیل می‌دهد. طناب عصبی درون **سوراخ مهره‌ها** و مغز درون **جمجمه‌ای غضروفی** (در ماهیان غضروفی مانند کوسه‌ماهی و سفره‌ماهی)، یا **استخوانی** (در بقیه مهره‌داران شامل ماهیان استخوانی، دوزیستان، خزندگان، پرندگان و پستانداران) جای گرفته است. در همه مهره‌داران نیز مانند انسان، دستگاه عصبی شامل دستگاه عصبی **مرکزی** و **محیطی** است. در بین مهره‌داران **اندازه نسبی مغز پستانداران و پرندگان** نسبت به وزن بدن از بقیه **بیشتر** است.



شکل ۲۱- ساختارهای عصبی چند جانور

نکاتی در مورد دستگاه عصبی در جانوران

مهره‌ها یا کیسه‌تاران (هیدر)

(۱) در این جانور دستگاه عصبی مرکزی و محیطی وجود ندارد!

(۲) ساده‌ترین ساختار عصبی، شبکه عصبی در هیدر است.

+ شبکه عصبی، مجموعه‌ای از نورون‌های پراکنده شامل جسم سلولی و رشته‌های عصبی در دیواره بدن هیدر است که با هم ارتباط دارند.

(۳) بدن هیدر از دو لایه سلول تشکیل شده که در این لایه‌ها انواعی از سلول‌ها شامل سلول‌های زیر وجود دارد:

+ سلول‌های پوششی که دو نوع هستند: سلول‌های لایه بیرونی و سلول‌های لایه درونی یا همان سلول‌های پوشاننده کیسه گوارشی

+ سلول‌های تازک‌دار که هر کدام دو تازک داشته و در آندوسیتوز مواد غذایی و گوارش درون سلولی نقش دارند.

+ سلول‌های ترشح کننده آنزیم که عده‌ای از سلول‌های پوشاننده صفره گوارشی یا لایه درونی هستند.

+ سلول‌های عصبی که در لایه‌های دیگر سلول‌های لایه بیرونی و درونی، شبکه عصبی هیدر را به وجود آورده‌اند.

+ سلول‌های ماهیچه‌ای که در هر دو لایه وجود دارند و پس از دریافت پیام عصبی، در حرکت جانور مؤثر هستند.

(۴) لازم به ذکر است علاوه بر ویژگی‌های فوق، این جانور ویژگی‌های دیگری هم دارد:

+ در آب شیرین زندگی می‌کند.

+ گوارش برون سلولی و درون سلولی دارد.

+ مبادله گازها به صورت انتشار از سطح همه سلول‌ها انجام می‌شود.

+ کیسه گوارشی آن در گردش مواد هم دخالت دارد.

کره‌های پهن (پلاناریا)

(۱) دستگاه عصبی دارای دو بخش مرکزی و محیطی است.

+ این مجموعه یعنی مغز و دو طناب عصبی متصل به آن، بخش مرکزی دستگاه عصبی جانور است.

+ رشته‌های جانبی متصل به آن نیز، بخش محیطی دستگاه عصبی را تشکیل می‌دهند.

(۲) دو گره عصبی غیر پوشش خورده که در سر جانور، مغز را تشکیل داده‌اند.

+ البته دو بخش از آن در قسمت جلویی به هم جوش خورده‌اند!

- (۱۳) مانند بقیه جانداران هر گره مجموعه‌ای از **جسم سلولی** نورون‌ها است.
- (۱۴) **دو** طناب عصبی متصل به مغز در طول بدن جانور کشیده شده‌اند.
- + این دو طناب با رشته‌هایی به هم متصل بوده و ساختار **نردبان مانند**ی را ایجاد می‌کنند.
- + در تقاطعی از این طناب‌ها گره‌های عصبی **نیز** وجود دارند!
- + بر اساس شکل کتاب، این دو طناب در انتهای بدن جانور به هم متصل **نشده** و هم‌پتان از یکدیگر **مجزا** هستند!
- (۱۵) **بر خلاف** حشرات، رشته‌های عصبی **هم** به گره‌ها و **هم** بخش‌های دیگر طناب عصبی متصل هستند!
- (۱۶) لازم به ذکر است علاوه بر ویژگی‌های فوق، این جانور ویژگی‌های **دیگری** هم دارد:
- + مغز گوارشی دارای **انشعابات**ی است که از راه آنها گازهای تنفسی در اختیار **تک تک** سلول‌های بدن جانور قرار می‌گیرند.
- + تبادل گازها از طریق **انتشار** و از سطح سلول‌ها صورت می‌گیرد.

بندپایان (حشرات)

- (۱) دستگاه عصبی دارای **دو** بخش **مرکزی** و **مغیطی** است:
- + **مغز** و **طناب** عصبی شکمی بخش **مرکزی** دستگاه عصبی را تشکیل می‌دهند.
- x **مغز** حشرات از **پند** گره به هم جوش خورده تشکیل شده است.
- x **یک** طناب عصبی شکمی متشکل از **دو** رشته! هستند که در طول بدن جانور کشیده شده است.
- + اعصاب **متصل** به مغز و طناب عصبی شکمی هم بخش **مغیطی** این دستگاه را تشکیل می‌دهند.
- (۲) طناب عصبی شکمی در هر **بند** از بدن، **یک گره** عصبی دارد.
- (۳) **بر خلاف** پلاناریا، رشته‌های عصبی **فقط** به گره‌ها متصل هستند!
- (۴) نورون‌های موجود در هر گره، فعالیت ماهیچه‌های **همان** بند را **تنظیم** می‌کند.
- (۵) درون **پاها** و **شافک‌ها** نیز رشته‌های عصبی وجود دارد که از اجسام سلولی موجود در **گره‌ها** منشأ می‌گیرند.
- (۶) طبق شکل کتاب، بند **انتها**یی بدن یا شکم **فاقد** گره عصبی است!

مهره‌داران (ماهی‌ها، دوزیستان، خزندگان و پرندگان)

- (۱) دستگاه عصبی دارای **دو** بخش **مرکزی** و **مغیطی** است:
- + **مغز** و **نخاع** بخش **مرکزی** را تشکیل می‌دهند که مغز بخش **جلویی** نخاع است!
- + **اعصاب** متصل به مغز و نخاع عم بخش **مغیطی** این دستگاه را تشکیل می‌دهند.
- (۲) طناب عصبی به صورت **پشتی** یا همان **نخاع** قابل مشاهده است.
- (۳) طناب عصبی در **کانال** تشکیل شده در درون سوراخ **مهره‌ها** قرار دارد.
- (۴) بخش **جلویی** طناب عصبی **برجسته** شده و **مغز** را تشکیل می‌دهد.
- (۵) مغز درون **جمجمه‌ای غضروفی** یا **استخوانی** جای گرفته است.
- (۶) مغز **بخشی** از طناب عصبی یا نخاع **ممسوب** می‌شود!
- (۷) **جمجمه** در ماهیان **غضروفی** مانند **کوسه‌ماهی** و **سفره‌ماهی** به طور کامل از جنس **غضروف** است.
- (۸) **جمجمه** در **بقیه** مهره‌داران شامل ماهی‌های **استخوانی**، دوزیستان، خزندگان، پرندگان و پستانداران از جنس **غضروف** و **استخوان** است.
- (۹) در **همه** مهره‌داران نیز مانند انسان، دستگاه عصبی شامل دستگاه عصبی مرکزی و مغیطی است.
- (۱۰) در بین مهره‌داران اندازه **نسبی** مغز **پستانداران** و **پرندگان** نسبت به وزن بدن از بقیه **بیشتر** است.